



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

VYUŽITÍ HEAD-MOUNTED DISPLEJŮ V PRŮMYSL OVÝCH APLIKACÍCH

USING HEAD-MOUNTED DISPLAYS IN INDUSTRIAL APPLICATIONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Dvořák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zdeněk Tůma, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Dominik Dvořák**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Zdeněk Tůma, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Využití Head-mounted displejů v průmyslových aplikacích

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Aktuálními oblastmi nasazení virtuální reality jsou zejména vizualizace a ověřování konstrukčních návrhů, virtuální uvádění produktů do provozu, plánování montážních operací včetně analýzy kolizí. V oblastech zaškolení obsluhy a údržby vytvářejí virtuální scény ideální nástroj před samotným náběhem výroby.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní práce v dané problematice
Vyhodnocení směrů, kterými se daná tematika ubírá.

Seznam doporučené literatury:

GOMES DE SÁ, Antonino and Gabriel ZACHMANN. 1999. Virtual reality as a tool for verification of assembly and maintenance processes. Computers & Graphics. 23(3), 389-403.

DANGELMAIER, Wilhelm, Matthias FISCHER, Jürgen GAUSEMEIER, Michael GRAFE, Carsten MATYSCZOK and Bengt MUECK. 2005. Virtual and augmented reality support for discrete manufacturing system simulation. Computers in Industry. 56(4), 371-383.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je studie o současném využití Head-mounted displejů v průmyslových aplikacích. Práce je rešeršního charakteru a obsahuje základní informace k problematice využití virtuální a rozšířené reality v průmyslu. Dále se zabývá technologiemi a jednotlivými typy brýlí pro virtuální realitu a také využitím VR v ostatních oblastech. Následuje zhodnocení dané problematiky a naznačení, kam by se mohla v dalších letech vyvíjet.

ABSTRACT

The aim of the Bachelor's Thesis is study of the current state of Head-mounted displays in industrial applications. The work is of reasearch character and contains basic informations about problematics of virtual and augmented reality in industry. It also deals with technologies and individual types of glasses for virtual reality and also uses VR in other fields. This is followed by an evaluation of the issue and an indication of where it could develop in coming years.

KLÍČOVÁ SLOVA

Virtuální realita, rozšířená realita, Head-mounted displej, využití virtuální reality v průmyslu

KEYWORDS

Virtual reality, augmented reality, Head-mounted display, use of virtual reality in industry

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DVOŘÁK, Dominik. *Využití Head-mounted displejů v průmyslových aplikacích*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117189>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Zdeněk Tůma.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Zdeňku Tůmovi, PhD. za vedení bakalářské práce, odborné konzultace a věcné připomínky, které mi při tvorbě práce pomohly. Dále bych chtěl poděkovat za podporu svým blízkým a rodině.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Tůmy, PhD. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.5.2019

.....

Dvořák Dominik

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	17
2.1	Historie virtuální reality a HMD.....	17
2.1.1	Počátky VR (19. století – 40. léta 20. století).....	17
2.1.2	První skutečná virtuální a rozšířená realita (60. léta 20. století)	18
2.1.3	Komerční neúspěchy HMD (konec 20. století)	18
2.1.4	Velký boom virtuální reality (21.století)	19
2.2	Dělení na virtuální a rozšířenou realitu.....	20
2.3	Části HMD	22
2.3.1	Senzory	22
2.3.2	Čočky.....	22
2.3.3	Obrazovka.....	23
2.4	Technologie HMD	23
2.4.1	Zpracování obrazu	23
2.4.2	Zorné pole.....	23
2.4.3	Snímkovací frekvence	23
2.4.4	Odezva	23
2.4.5	Snímání pohybu uživatele	24
2.5	Headsety.....	24
2.5.1	Oculus Go	24
2.5.2	HTC Vive Pro Eye.....	26
2.5.3	Microsoft HoloLens 2.....	26
2.5.4	Samsung Gear VR	27
3	VYUŽITÍ HEAD - MOUNTED DISPLEJŮ V PRŮMYSLU	29
3.1	Edukace zaměstnanců	29
3.2	Konstrukční řešení	32
3.3	Plánování výroby, ergonomie pracoviště, řešení kolizí.....	34
3.4	Virtuální výroba.....	37
3.5	Komplexní montáž (výroba).....	39
3.6	Kvalita.....	42
3.7	Údržba ve výrobě.....	45
3.8	Odborná podpora a vzdálený přístup	48
3.9	Bezpečnost	50
3.10	Skladovací operace a logistika.....	53
3.11	Servis	55
3.12	Prezentace a prodej produktu.....	56
4	VYUŽITÍ HEAD – MOUNTED DISPLEJŮ V JINÝCH OBLASTECH.....	59
4.1	Zdravotnictví.....	59
4.2	Armáda.....	62
4.3	Vzdělávání	64
4.4	Herní průmysl a zábava	65
5	BUDOUCNOST POUŽITÍ HEAD – MOUNTED DISPLEJŮ	69
6	ZÁVĚR.....	71

7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	73
8	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	81
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	83

1 ÚVOD

Virtuální realita zdaleka není jen platforma pro hraní her nebo sledování filmů, jak je široké veřejnosti často prezentováno, ale jedná se o technologii, jejíž implementace v průmyslu dokáže ono odvětví posunout na vyšší úroveň. V této bakalářské práci se zabývám využitím virtuální (VR) a rozšířené reality (AR) v různých průmyslových aplikacích a možná vylepšení prezentuji na konkrétních příkladech. Také rozlišuji na jedné straně profesionální a drahé softwary, pro jejichž použití je často nezbytné vlastnit Head-mounted displej (HMD), které využívají velké koncerny a na straně druhé jednoduché a levné aplikace, které mohou najít využití i v malých, až rodinných firmách.

V první části své bakalářské práce se v rámci uvedení do tématu dívám do historie na ať už úspěšné či neúspěšné platformy, dále definuji, co to jsou pojmy virtuální a rozšířená realita a rozdíly mezi nimi a také vysvětlím princip fungování HMD. Na konci kapitoly jsem vybral zástupce brýlí pro VR a AR, které jsou svojí konstrukcí nebo technologiemi přelomové a mají potenciál, aby se z nich v budoucnu staly jedny z nejpoužívanějších brýlí.

V hlavní části práce mapuji používání HMD a virtuální či rozšířené reality v průmyslu. Jelikož se tyto technologie v jednotlivých HMD často mísí, rozdělil jsem tuto kapitolu podle procesů vzniku nového produktu. Motivací výrobců pro implementaci těchto technologií je často snížení nákladů a zároveň zvýšení produktivity svých zaměstnanců, co nejvyšší snaha o eliminaci chyby lidského faktoru, zvýšení bezpečnosti na pracovišti a zvýšení kvality výsledného produktu. Od tohoto se samozřejmě odvíjí důvěra zákazníků a zisk společnosti.

VR a AR můžou hrát důležitou roli při edukaci (zaučování) nových zaměstnanců, vytváření virtuálních prototypů, plánování layoutu (rozmístění) nové pracovní plochy tak, aby byla zaručena co nejvyšší efektivita, kontrole ergonomie a s tím související zajištění bezpečnosti zaměstnanců při minimalizaci rizika kolize s pracovním strojem nebo samotné virtuální výrobě, což je proces simulující výrobu skutečnou. Virtuální realita je zde důležitá v rámci ověřování na modelu skutečné velikosti na reálném místě, nikoliv je na obrazovce počítače. Dále může hrát velkou roli při zajišťování virtuálních instrukcí pro montáž, servis, kontrolu kvality, logistiku a údržbu nebo propojení a rychlejší komunikaci v rámci firmy při použití aplikací vzdálené podpory. Celá tato kapitola je řazena chronologicky od vzniku přes výrobu a kontrolu produktu a je zakončena možnostmi využití virtuální reality při reklamě a samotném prodeji výrobku.

Následně jsem pro komplexní náhled na tyto technologie vybral čtyři odvětví, kde zastává virtuální a rozšířená realita důležitou roli a jejich vliv v těchto oblastech se bude nejspíše jen zvyšovat. Jedná se o zdravotnictví, školství, armádu a herní průmysl.

V poslední kapitole jsem krátce shrnul nedávnou minulost a současnost trhu s VR a AR, ve kterém se očekával obrovský růst a místo toho přišel lehký propad a snažím se na základě informací načerpaných pro vytvoření této bakalářské práce najít důvody proč se to stalo. Následně se zamýšlím nad tím, co se musí změnit, aby se z virtuální reality stala technologie tak používaná a běžná, jako je například smartphone.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

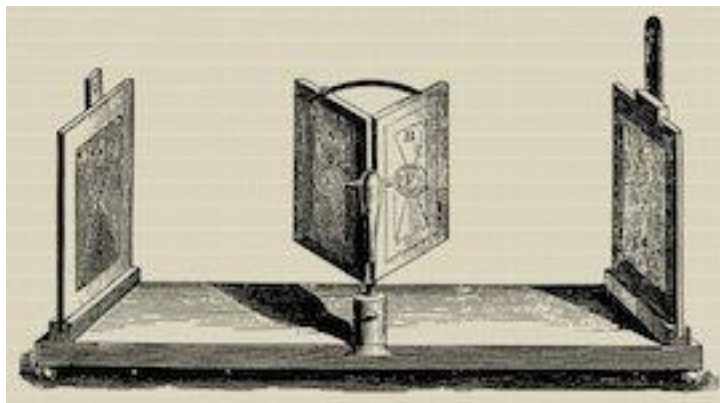
2.1 Historie virtuální reality a HMD

Pro širší souvislosti bych rád v následující kapitole zmapoval historii virtuální reality a Head-mounted displejů.

2.1.1 Počátky VR (19. století – 40. léta 20. století)

Virtuální realitu lze popsat také jako prostředek k vytváření iluzí, při kterém se člověk nachází v místě, kde ve skutečnosti není. První pokusy o takovéto zmatení smyslů se objevily už v 19. století, když byl v roce 1812 nakreslen 360° obraz Bitva u Borodina.

V roce 1838 výzkum Charlese Wheatstona ukázal, že mozek dokáže z různých dvojrozměrných obrázků vytvořit obraz třírozměrný. Při prohlížení dvou fotek stejného místa, pořízených jen z trochu jiného úhlu, budil ve stereoskopu dojem 3D obrazu. Díky tomuto triku mohli lidé té doby „navštěvovat“ místa, na kterých nikdy předtím nebyli.



Obr. 1) *Stereoskop Charlese Wheatstona [1]*

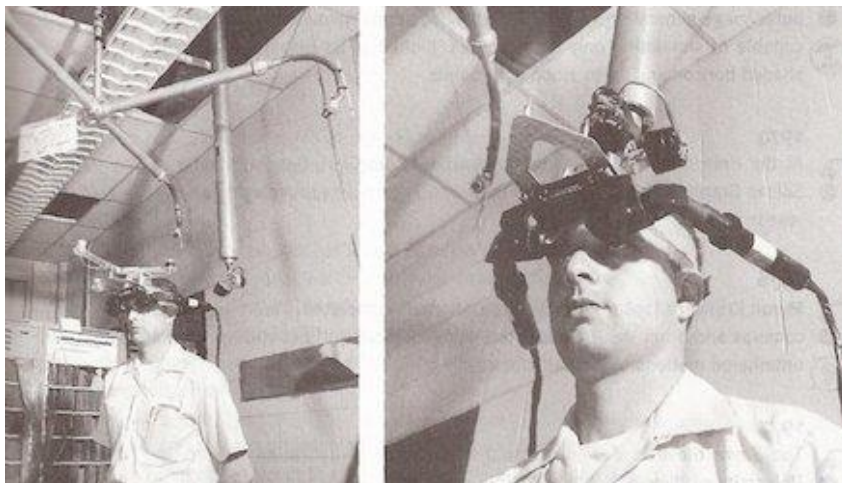
V průběhu druhé světové války využívali američtí piloti pro výcvik nováčků letový simulátor Link Trainer, na kterém cvičilo celkem přes 500 000 pilotů. Tento mechanismus uměl simulovat chování skutečného letadla během letu a byl pro začátečníky mnohem bezpečnější než skutečný stroj.

Morton Heilig byl kameraman, který chtěl pro diváky vylepšit zážitek z filmu. Vyvinul proto Sensoramu – předchůdce dnešních 5D kin. Divák mohl sledovat film na stereoskopickém 3D displeji, byl ofoukáván větrem a dokonce přístroj vypouštěl vůně, které měly dokreslit celkový zážitek.

2.1.2 První skutečná virtuální a rozšířená realita (60. léta 20. století)

Daleko podstatnější pro VR byl Heiligův další vynález. Jednalo se o Telesphere Mask a byl to první skutečný HMD, i když pro neinteraktivní filmové médium bez sledování pohybu uživatele. Headset poskytoval 3D pohled se stereofonním zvukem. Další důležitou věcí je, že design Telesphere Masku v podstatě určil vzhled i dnešních brýlí pro virtuální realitu.

V roce 1968 vytvořil Ivan Sutherland první displej pro rozšířenou realitu. Nejednalo se ale o headset, jelikož Damoklův meč (jak nazval svůj projekt), byl příliš těžký a musel být tedy připevněn ke stropu nad uživatelem. Počítač v prostoru generoval jednoduché geometrické obrazce. Přelomové ovšem bylo sledování pohybu uživatele a zobrazené obrazce na změnu polohy hlavy reagovaly.



Obr. 2) *Damoklův meč* [1]

2.1.3 Komerční neúspěchy HMD (konec 20. století)

Jaron Lanier v roce 1987 vytvořil termín virtuální realita. Byl to také zakladatel vizuální programovací laboratoře (VPL) a díky výzkumu této společnosti vyvinul řadu zařízení pro VR, včetně Dataglove (rukavice, kterou lze díky množství senzorů použít jako vstup pro aplikace VR) nebo headsetu EyePhone. VPL byla první společností, která prodávala HMD.

Na počátku devadesátých let firma Virtuality Group spustila řadu arkádových her a automatů. Skupina hráčů měla nasazené VR brýle a hráli na hracích automatech realtime multiplayer hry. I přes počáteční úspěch se tento produkt nedokázal prosadit až do domácností.

V roce 1993 představila SEGA nový VR headset pro svojí herní konzoli. I když byla cena srovnatelná s dnešními brýlemi pro VR, tak problémy v technickém vývoji znamenaly, že zařízení zůstalo jen v prototypové fázi.

V neúspěchu SEGU následovala i firma Nintendo, která sice dokázala konzoli s brýlemi pro VR vytvořit, ale Nintendo Virtual Boy byla kritizovaná za nedostatečnou grafiku (hry existovaly pouze v černočerveném provedení), nepohodlnost headsetu a nedostatek softwarové podpory. Následující rok firma zastavila výrobu i prodej.



Obr. 3 a 4) *Virtual Nintendo Boy headset a herní prostředí* [1] [2]

2.1.4 Velký boom virtuální reality (21.století)

1. srpna 2012 vstoupila na Kickstarter společnost Oculus Rift, která na svůj projekt HMD požadovala 250 000 dolarů. Podařilo se vybrat desetinásobek částky, a to bylo utvrzení, že i přes neúspěchy 90. let je o virtuální realitu stále zájem. Podpořil to samozřejmě i nárůst výpočetního výkonu počítačů a celkové zlepšení technologií VR. V případě Oculusu se jednalo o Full HD displej, 90 snímků za sekundu a 110° zorné pole, což byl oproti předchůdcům opravdu velký skok vpřed. V roce 2016 začal prodej zmíněných headsetů.

Ve stejný rok přišly na trh se svým HMD i společnosti HTC (konkrétně se jednalo o HTC Vive) a Sony (Sony Playstation VR), které doplnila ještě společnost Microsoft, která přestavila svoje brýle pro rozšířenou realitu HoloLens.

Jako velkého populizátora rozšířené reality bych také uvedl hru Pokemon GO, ve které hráči hledali v reálném prostředí pokémony a chytali je. Jediné potřebné vybavení byl mobilní telefon s připojením na internet a GPS.



Obr. 5) *Oculus Rift* [3]

I v roce 2019 se objevily na trhu zajímavé typy headsetů. Zmínil bych především HTC Vive Pro Eye, které dokáží tzv. eye-tracking. Jedná se o sledování pohybu očí uživatele, což umožňuje mít nejlepší rozlišení jen v místě, kam se daný člověk dívá (a zbytek lehce rozostřit). To má za následek snížení potřebného výpočetního výkonu. Další velký posun znamenají brýle HoloLens 2, které oproti první generaci přinášejí snížení váhy, zvětšení zobrazovací plochy a už zmiňovaný eye-tracking.

V dnešní době je největší tlak na to, aby byly headsety co nejlehčí, měly co nejlepší rozlišení, co nejvyšší obnovovací frekvenci a zorné pole podobné lidskému oku. Jedině tak bude docíleno toho, že budou moci být používány dlouhou dobu, obraz bude plynulý a jejich uživatelé nebudou trpět kinetózou. Zároveň jsou zde také pokusy udělat virtuální realitu co nejdostupnější, takže vznikají HMD určené jako „držáky“ pro chytré telefony (například Samsung Gear VR nebo Xiaomi Mi VR) které se dají pořídit v přepočtu za pár tisíc korun, až po doslova kartonové brýle v ceně pár set korun (Google CardBoard). [1] [4]



Obr. 6) *Google CardBoard* [5]

2.2 Dělení na virtuální a rozšířenou realitu

Rád bych také definoval pojmy virtuální realita, rozšířená realita, rozdíly mezi nimi, a i rozdíly v používaných HMD.

Virtuální realita se dá dělit na jednoduchou a imerzní (pohlující). Jako příklad jednoduché VR bych uvedl RPG (Role-playing game = hra na hrdiny) hru na počítači. Hráč vidí virtuální prostředí na monitoru, interaguje s virtuálním světem pomocí myši a při pohledu dolů a kolem sebe může vidět své „virtuální končetiny“. Zároveň ale vnímá i reálný svět. Nemusí používat žádný speciální HMD.



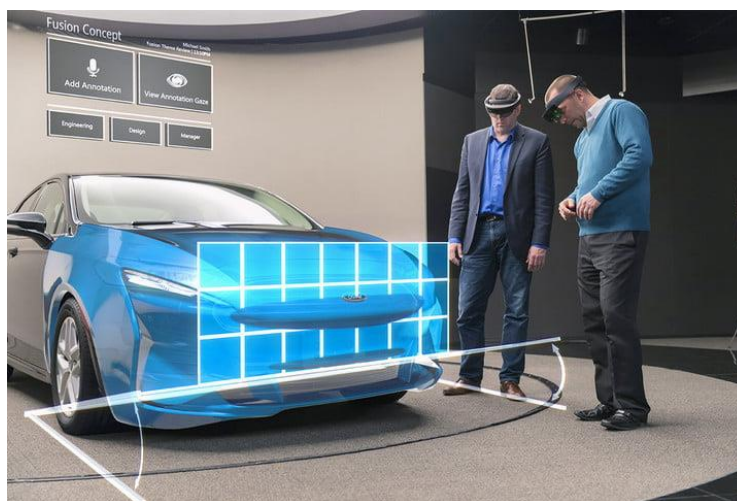
Obr. 7) *Příklad jednoduché virtuální reality, záběr z RPG hry Kingdom Come Deliverance* [6]

V imerzní virtuální realitě je člověk plně ve virtuálním prostředí, často právě díky HMD, který je neprůhledový. Pokud používá ovladače nebo například Leap Motion Controller, který dokáže skenovat pomocí dvou infračervených kamer pohyb rukou uživatele, může se v ní pohybovat a interagovat s prostředím. Další možností pro dokreslení úplné virtuální reality jsou haptické rukavice, které dokáží při tlaku nebo uchopení virtuálního předmětu generovat odpor, jako by byl předmět skutečný. Samozřejmostí u obou typů VR jsou sluchátka, která napomáhají při vnoření se do virtuální reality.



Obr. 8) *Záběr z displeje brýlí pro imerzní virtuální realitu [7]*

Rozšířená realita kombinuje reálné a virtuální prostředí. Časté použití je vložení virtuálních předmětů do skutečného prostoru. Některé HMD pro AR dokáží prostor naskenovat a zapamatovat si ho a díky tomu jsou zobrazované virtuální objekty uvěřitelnější.

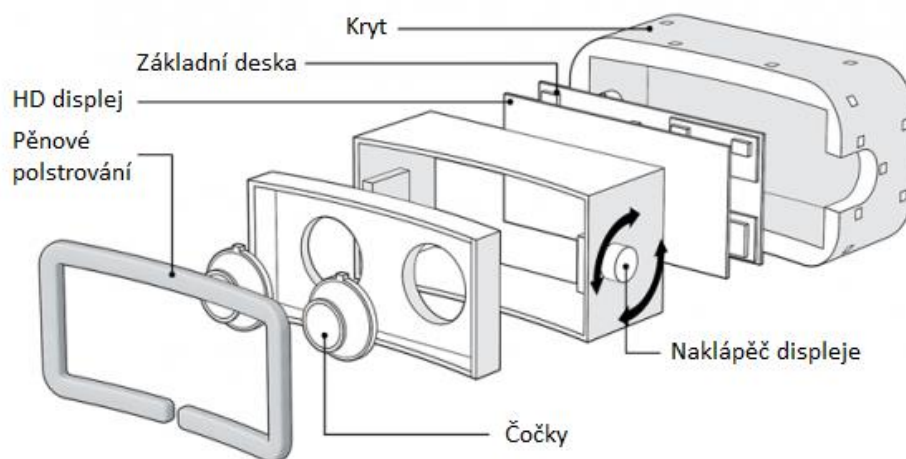


Obr. 9) *Prostředí rozšířené reality pomocí brýlí HoloLens [8]*

Pro oba typy (VR i AR) jsou k dispozici výkonné headsety, jejich použití ale není podmínkou. Dostačující je mobilní telefon se speciální aplikací, která dokáže obraz rozdělit pro každé oko zvlášť. Je ale zřejmé, že takovéto zařízení nemůže profesionálnímu HMD konkurovat a jeho výkon je nedostačující. Zároveň některé typy HMD nejde striktně oddělit pro VR a AR, jelikož, jako například u HTC Vive Pro, lze oba tyto typy kombinovat.

2.3 Části HMD

Nyní se ale pojďme zaměřit na opravdový HMD a to konkrétně na brýle Oculus Rift. Uvnitř každého Head-mounted displeje pro virtuální realitu se nachází řada senzorů, jednotlivých očních displejů, čoček, obrazovek a dalších komponent.



Obr. 10) Části brýlí pro virtuální realitu [9]

2.3.1 Senzory

Tři nejběžnější senzory, nacházející se v HMD jsou magnetometr, akcelerometr a gyroskop. Tyto snímače dohromady určují polohu, pohyb a směr uživatele v prostoru. Jejich hlavním cílem je dokázat popsat všech šest stupňů volnosti, kterými se může objekt v prostoru pohybovat.

Magnetometr sděluje zařízení, kterým směrem míří k povrchu země. Svým způsobem se chová jako druh kompasu. Je toho schopný díky měření magnetických polí.

Akcelerometr se používá pro detekci orientace a pro určení pozice je třeba mít v headsetu akcelerometrů několik.

Gyroskop vypočítává orientaci brýlí. To napomáhá, aby pokud uživatel nehýbe hlavou zůstal obraz v klidu a po otočení hlavy se správně otočil i obraz.

Oculus Rift navíc používá pro zpřesnění pohybu hlavy diody, které jsou snímány kamerou a zpřesňují výpočty ostatních čidel.

2.3.2 Čočky

Čočky se nacházejí mezi očima uživatele a pixely na obrazovce displeje. Zaostřují a přetváří obraz pro každé oko ohýbáním dvou 2D obrazů, jak je tomu i v reálném světě (stereoskopický pohled). Toto vytváří pocit hloubky a jednotlivosti, které vnímáme jako trojrozměrný obraz. Čočky nejsou ve všech brýlích univerzální, takže musí být nastaveny podle každého uživatele. Obraz musí být dobře zaostřený.

2.3.3 Obrazovka

Obrazovka ukazuje obrázky, které uživatel vidí skrze čočky. Jedná se typicky o LCD nebo OLED displej. V souvislosti s tím, o který typ zařízení se jedná existuje buď jedna obrazovka pro obě oči, a nebo, jako i v případě Oculus Riftu, má každé oko obrazovku svojí.

Velkou roli také hraje rozlišení, které se tomu lidského oka zatím nemůže zdaleka přiblížit. Nejmodernější headsety jako například HTC Vive Pro mají rozlišení 2880 x 1600, Oculus Rift 2160 x 1200 pixelů.

2.4 Technologie HMD

Dále je potřeba popsat, jakým způsobem HMD funguje. Věnoval bych se blíže způsobu zpracování obrazu, zornému poli, snímkovací frekvenci, odezvě při pohybu a sledování uživatele ve virtuální realitě.

2.4.1 Zpracování obrazu

Výkon potřebný ke zpracování obrazu do virtuální reality lze rozdělit do několika kategorií.

Za prvé se jedná o vstupní procesor, který ovládá zařízení používaná pro zadávání informací do počítače. Načítá a odesílá data do zbytku systému s minimálním zpožděním. Například pro klávesnici, myš, 3D tracker a systém rozpoznávání hlasu.

Dále sem patří simulační procesor, který přijímá vstupy od uživatele. Ty poté převádí do reakcí ve virtuálním světě, takže se jedná o základní součást systému VR.

Jako poslední sem patří renderovací procesor. Ten vykresluje prostředí ve virtuálním světě a vytváří pro uživatele výstup – vizuální, sluchový a haptický.

2.4.2 Zorné pole

Velké zorné pole je u headsetu důležitou složkou, která poskytuje uživatelům realistickou představu o jejich prostředí a zabraňuje pocitu „pohledu do tunelu“. Měří se ve stupních. Oculus Rift disponuje horizontálním zorným úhlem 110° a podobně je na tom i většina HMD. Celkový zorný úhel lidského oka je asi 140°.

2.4.3 Snímkovací frekvence

Počet snímků za sekundu (fps) je další důležitý parametr. Normální televizní vysílání běží při 30 snímcích za vteřinu. Minimum, při kterém se obraz ve virtuální realitě zdá ještě plynulý, je 60 fps. Tento rozdíl je zapříčiněn kombinací pohybu hlavy uživatele a obrazu na obrazovce namísto pouze statického pozorování měnícího se obrazu televize. Oculus Rift disponuje snímkovací frekvencí 90 fps, takže pohyb obrazu je plynulý.

2.4.4 Odezva

Při sledování pohybu hlavy je důležitá co nejmenší odezva. Jedná se o dobu, která je potřebná, aby headset zareagoval na změnu polohy hlavy uživatele změnou obrazu ve virtuální realitě. Maximální hranice je kolem 50ms, pokud je odezva větší, tak uživatel znatelně rozpozná rozdíly mezi skutečným pohybem a pohybem obrazu ve virtuální realitě. Odezva u Oculusu je 30ms, takže pohyb obrazu je dostatečně plynulý.

2.4.5 Snímání pohybu uživatele

Snímání pohybu (tracking) má za úkol sledovat a porozumět pohybu uživatele a ten následně přenést do VR, aby bylo zachováno plné ponoření do virtuálního světa. Pokusím se popsat tři hlavní způsoby snímání uživatele. Jedná se o snímání pohybu hlavy, těla a očí.

Při snímání pohybu hlavy se využívají součásti, které jsem popsal už dříve. Jedná se především o akcelerometr, magnetometr a gyroskop, kterým můžou dopomáhat diody sledované kamerou. Podstatná je co nejkratší odezva a co nejvyšší snímkovací frekvence, aby byl obraz ve virtuální realitě co nejplynulejší.

Snímání pohybu těla se může provádět pomocí ovladačů, které ve VR nahradí naše ruce. Jiným způsobem je využití Valve Lighthouse – po místnosti je rozestaveno několik senzorů, které zabírají předem určenou plochu a dokáží pomocí laserů snímat přesný pohyb diod rozmístěných na brýlích a ovladačích uživatele. Dále bych z široké plejády možností snímání pohybu rukou zmínil Leap Motion Controller. Díky tomuto zařízení se nemusí používat žádné ovladače nebo diody, pomocí infračervených kamer totiž monitoruje ruce uživatele a dokáže z nich v prostoru vytvářet trojrozměrný model.



Obr. 11 a 12) 3D model rukou uživatele a Leap Motion Controller připevněný na HMD [3]

Snímání pohybu očí a určení místa, kam se uživatel dívá, dokáže zvýšit kvalitu obrazu i bez nutnosti navýšení výpočetního výkonu. Obraz se totiž může zobrazovat v maximálním rozlišení jen v malé oblasti a zbytek je, jako při periferním vidění, lehce rozostřený. A samozřejmě, je zde i možnost ovládat software pouhým pohledem. [9]

2.5 Headsety

V této kapitole bych se blíže podíval na tři vybrané typy HMD, které nabízejí něco mimořádného nebo jsou průkopníci nových technologií. Jako poslední zmíním odlišný typ headsetu, který používá pro vstup do virtuálního světa mobilní telefon.

2.5.1 Oculus Go

Známé brýle jako HTC Vive nebo Oculus Rift fungují jen jako zobrazovací a ovládací zařízení, zatímco výpočty musí obstarávat výkonný počítač. Což v praxi znamená, že brýle musí být s počítačem spojeny svazkem kabelů, který poté ztěžuje uživateli pohyb a celkově kazí dojem

z virtuální reality. Proto firma Oculus přišla s novým zařízením, které je ohledně výkonu zcela autonomní. Všechn hardware je u těchto brýlí skryt v předním hledí, a přitom váha zůstala na rozumných 485 gramech. Procesor je podobný jako u Samsungu Galaxy S7, rozlišení je 2560 x 1440 pixelů a jsou zde použity i vylepšené čočky, které méně zkreslují. Co je ale podstatné u bezdrátového zařízení, je výdrž baterie. Ta je u Oculusu Go kolem dvou hodin, což jistě není ideální a je zde velký prostor pro zlepšení. Celkově tyto brýle ale nejsou (v porovnání s nejlepšími headsety) moc výkonné a nemají trackování pohybu v šesti osách. Své uživatele se snaží nalákat na přívětivou cenu, množství použitelného obsahu a aplikací a mobilitu. Jejich přínos bych viděl právě v bezdrátové technologii.



Obr. 13) *Oculus GO* [10]

Nejsou samozřejmě jediné, které tuto možnost nabízejí. Pouze zmíním HTC Vive s kitem Vive Wireless nebo TPCast, které doplňují HMD o baterii a WiFi modul a poté společnost MSI, která nabízí VR One Backpack – tedy počítač uložený na zádech (neboli v batohu) uživatele. [10]

2.5.2 HTC Vive Pro Eye

V roce 2019 představila firma HTC svůj nový headset Vive Pro Eye, který nabízí už zmiňovaný eye-tracking, tedy sledování pohybu očí uživatele. Ve spolupráci s Nvidií připravili dynamický rendering, který dokáže ulehčit grafické kartě tím, že vykresluje nejlepší kvalitu obrazu jen tam, kam se uživatel dívá, a může tak posunout další parametry brýlí – hlavně rozlišení, frekvenci a zorný úhel. Problémy ale může přinést potřeba vyvíjet aplikace speciálně pro tuto technologii, což může způsobit, že zpočátku nebude pro brýle dostatek obsahu. Přesné parametry a cena nebyly v době tvorby mé práce známy, ale HTC plánuje headset uvést na trh ve druhém čtvrtletí tohoto roku. [11]



Obr. 14) *HTC Vive Pro Eye* [3]

2.5.3 Microsoft HoloLens 2

Nyní se přesuneme k brýlím nikoliv pro virtuální, ale pro rozšířenou realitu. Jak již název napovídá, jedná se o druhou generaci. Na trhu se nachází spousta firem, nabízející brýle pro AR, ale trůfám si tvrdit, že žádná nemůže HoloLens konkurovat. Brýle mají buď moc vysokou odezvu (jako např. u firem Shadow Creator a DreamWorld) nebo nenabízejí takové možnosti.



Obr. 15) *Microsoft HoloLens 2* [12]

HoloLens 2 oproti své první generaci zvětšily zorné pole a celkově displej, přidaly sledování očí, snížily váhu a celkově zlepšily manipulaci s monogramy (tedy s virtuálními objekty zasazenými do skutečného světa) díky technologii Time-of-Flight. Ta dokáže měřit vzdálenost mezi senzorem a objektem, tedy například rukou uživatele. Další velké zlepšení je

použití koprocesoru s A.I. (Artificial Intelligence = umělá inteligence) čipem, který dokáže ušetřit mnoho času díky analýze vizuálních dat přímo v zařízení. Předchozí HoloLens totiž všechna data přeposílaly do cloudu, kde probíhal výpočet a poté byl zaslán zpět do zařízení. Vynechání cloudu přinese zkrácení odezvy a celkové zrychlení.

Jedná se o bezdrátové brýle, které běží na procesoru Snapdragon 850. Rozlišení displejů je 2K (tedy 2048 x 1080 pixelů) pro každé oko.

Cena původní vývojářské verze je 3000 dolarů, zatímco komerční sada začíná na 5000 dolarech (teda zhruba na 114 000 Kč). Vysoká cena téměř vylučuje použití v domácnosti, ale na tyto spotřebitele Microsoft ani necílí. HoloLens 2 jsou profesionální nástroj do vývoje, výroby a celkově jsou navrženy pro průmyslové použití. [8]

2.5.4 Samsung Gear VR

Náklady na virtuální realitu jsou nemalé. Buď uživatel musí vlastnit výkonný počítač, a nebo bezdrátový headset, což ani v jednom případě není levná záležitost. Pro méně náročné uživatele existuje ale levnější alternativa, a to je zprostředkování VR pomocí mobilního telefonu. Jako představitele těchto zařízení jsem si vybral Samsung Gear VR. Jedná se tedy o jakýsi „držák pro mobil“, který díky aplikaci dokáže rozdělit obraz pro každé oko zvlášť a Gear VR tento obraz díky čočkám převede do 3D obrazu. Displej je tedy nahrazen mobilním telefonem.



Obr. 16) *Samsung Gear VR s mobilním telefonem Samsung Galaxy S6* [13]

Samsung se chlubí, že nabízí přes 600 titulů pro virtuální realitu, podpora rozhraní tedy není špatná. Nejedná se pouze o hry, ale i o edukativní a průmyslové aplikace. [13]

3 VYUŽITÍ HEAD - MOUNTED DISPLEJŮ V PRŮMYSLU

V této kapitole bych se rád věnoval aplikacím virtuální a rozšířené reality v průmyslu. Head – mounted displeje lze použít v široké škále průmyslových odvětví, jako je strojírenství, stavebnictví, těžební, automobilový nebo letecký průmysl. Virtuální realita usnadňuje vytvoření konečného produktu a lze ji aplikovat do různých stadií jeho vzniku, vývojem počínaje a konečným prodejem konče. Její implementace si klade za cíl především snížení ceny, zrychlení vývoje a výroby, zvýšení kvality a eliminaci chyby lidského faktoru. Dále se používá při zaškolování nových zaměstnanců tam, kde to z důvodu vysoké nákladnosti nebo ohrožení lidského zdraví nebývá možné. VR umožňuje plánování a rozvržení složitých výrobních procesů s ohledem na ergonomii každého pracoviště, vytvoření virtuálního prototypu a jeho testování, aby mohla linka najet rovnou na ostrý provoz, dále virtuální výrobu a kontrolu kvality konečného výrobku. Použití je ale ovšem možné i při kontrole kvality dílů dodávaných subdodavateli. Dále lze virtuální a rozšířenou realitu efektivně aplikovat i při údržbě, odborné podpoře a vzdáleném přístupu, dodržování bezpečnostních norem, logistice a skladovacích operacích. V neposlední řadě je možná aplikace VR i při prezentaci a prodeji produktů, které pro svoji velikost nemohou být prezentovány naživo.

Tuto kapitolu jsem rozdělil právě podle oblastí při vzniku nového výrobku, od zaučování (edukace) nových zaměstnanců, přes konstrukční řešení, plánování výroby a řešení kolizí, komplexní montáže (výroby), dodržování kvality, údržby přímo při výrobě, odborné podpory a vzdáleného přístupu, zajišťování bezpečnosti, skladovacích a logistických operací, servisu a konečné prezentaci a prodeji produktu.

Striktní oddělení kapitol zde není možné, protože se jednotlivé výrobní procesy prolínají.

3.1 Edukace zaměstnanců

V první řadě se podíváme na využití virtuální reality při školení a zaučování nových zaměstnanců. VR je využívána především společnostmi, pro které by bylo vysvětlování pracovních postupů novým zaměstnancům přímo na pracovišti příliš nákladné a nebo pro zaměstnance nebezpečné. Další možností je využití rozšířené reality jako asistence při složitých výrobních postupech, které se nový zaměstnanec musí učit velice dlouhou dobu.

Existuje mnoho kladů, proč používat při školení virtuální realitu. Hlavní pozitivum je větší zapojení školeného ve srovnání s tradiční přednáškou nebo video prezentací. To umožňuje pracovníkům převzít zodpovědnost za rozvoj vlastních dovedností. Pokud měli již při školení možnost si výrobní procesy vyzkoušet, v praxi mohou mít lepší efektivitu, lépe dané procesy pochopí a budou také více soběstační. Dalším bonusem je, že většina tréninkových simulátorů může zaznamenávat data umožňující zaměstnavatelům zjistit, jak zaměstnanci postupují, popř. lze z nich vyvodit další specifické oblasti, které mohou vyžadovat větší pozornost nebo další školení. [14]

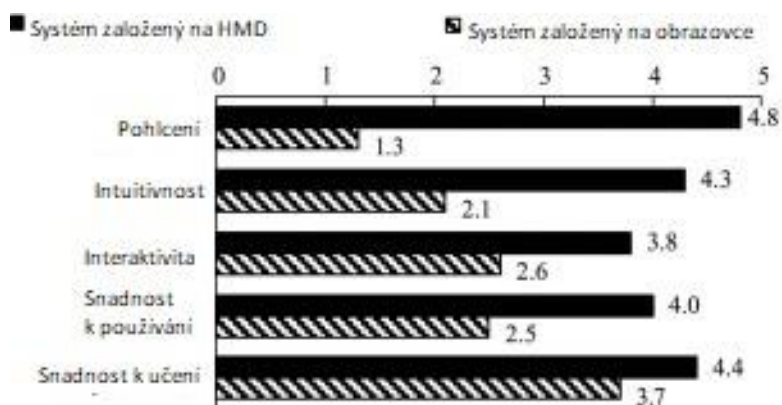
Těžba je typickým průmyslovým odvětvím s vysokými riziky a společnosti zde vyžadují dostatečné školení, aby zajistili co nejvyšší bezpečnost svých zaměstnanců. Navíc se při použití VR zkracuje doba zaučení zaměstnance, který má neomezený přístup k drahému / těžko dostupnému vybavení, takže pro společnost se jedná o úsporu nákladů. Pokud budeme chtít virtuální edukaci zaměstnance co nejvíce přiblížit reálnému prostředí, jsou to právě HMD, které nám poskytují plnou imerzi (vnoření) a pořizovací náklady jsou v porovnání s CAVE nesrovnatelně menší. Ta nám navíc nezajistí ani plnou imerzi uživatele a nedosáhneme tak požadovaného efektu. Další možností je použití klasického monitoru, kde je pořizovací cena sice levnější než v případě HMD, ale jedná se pouze o jednoduchou, nikoliv imerzní VR. Dále je pro uživatele více intuitivnější používat jako vstupní zařízení své ruce a pohyby těla než například klávesnici nebo joystick.

Jako konkrétní příklad zde uvedu pokus, při kterém si deset studentských praktikantů vyzkoušelo nejprve jednoduchou VR ovládanou joystickem a poté imerzní VR. Jako headset zde byl použit „držák“ pro mobilní telefon Nexus 6P a Leap Motion, který dokázal v reálném čase zobrazovat ruce uživatelů v prostoru virtuální reality.



Obr. 17) *Zařízení použita k testování* [15]

Poté studenti vyplnili dotazník o těchto systémech, kde hodnotili na stupnici 0 (nejhorší) až 5 (nejlepší) pohlčení, intuitivnost, interaktivitu, snadnost používání a snadnost se naučit s daným typem systému důlního tréninku.



Obr. 18) *Graf vyhodnocující pokus* [15]

Jak z grafu vyplývá, pohlcující virtuální realita měla výsledky lepší ve všech kategoriích, především pak právě v imerzi. Pozoruhodné na tom je právě to, že nebyl použit žádný profesionální headset, ale daleko levnější varianta. Pokud jde o snadnost učení, systém založený na monitoru má jen o něco málo nižší hodnocení než systém založený na HMD, což znamená, že oba systémy mají velice dobrý výsledek školení. [15]

Stavební společnost Bechtel začala k výcviku svých pracovníků používat tréninkový simulátor SafeScan od firmy Human Condition Safety. Mohou si tak vyzkoušet například obsluhu jeřábu v mlze namísto toho, aby to dělali poprvé v reálném světě. Obecně jsou zaměstnancům Bechtelu simulovány různé nebezpečné úkoly, což umožňuje účastníkům se opakovaně dostávat do rizikových situací a je proto větší šance, že pokud se něco podobného stane i v realitě, budou vědět, jak mají jednat. Pro společnost je toto hyperrealistické školení mnohem efektivnější než standardní statické, které svým zaměstnancům nabízeli dosud. Cílem je proškolení tímto způsobem všechny své pracovníky, zaznamenat data a v kombinaci s databázemi geografického informačního systému (GIS) a agentury pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci (OSHA) vytvořit plně automatizovaný systém. Ten by měl určovat, které prvky by se mohly spojit a vytvořit velice rizikové okolnosti při práci. Následně by měli všichni ohrožení pracovníci dostat výstrahu a tím by se zmenšilo riziko zranění, popř. úmrtí na pracovišti. [16]

Americká společnost DitchWitch provádějící podzemní vrty se rozhodla použít virtuální realitu ke školení operátorů horizontálního směrového vrtáku (HDD). Jejich HDD VR simulátor nové generace umožňuje zaškolit nováčky v co nejreálnějším prostředí, avšak bez rizik. Podle zprávy DIRT (Damage Information Reporting Tool) měly v roce 2017 více než 50% nahlášených škod na svědomí nevyhovující vyhlubovací operace. Díky simulátoru HDD VR se technici ocitnou na co nejvíce realistickém pracovišti, které simuluje různé půdní podmínky a instalační aplikace, takže se mohou naučit, jak vrták reaguje. Pro ovládání jsou použity i stejné joysticky, které jsou k dispozici ve skutečném zařízení. Prostřednictvím řady lekcí, jejichž obtížnost se stupňuje, jsou operátoři vzděláváni o funkcích stroje, umístění výrobku, prevenci poškození a řízení. Program klade důraz na prevenci poškození tím, že vyžaduje, aby technici předem naplánovali, správně nastavili a otestovali ochranné systémy. [17]



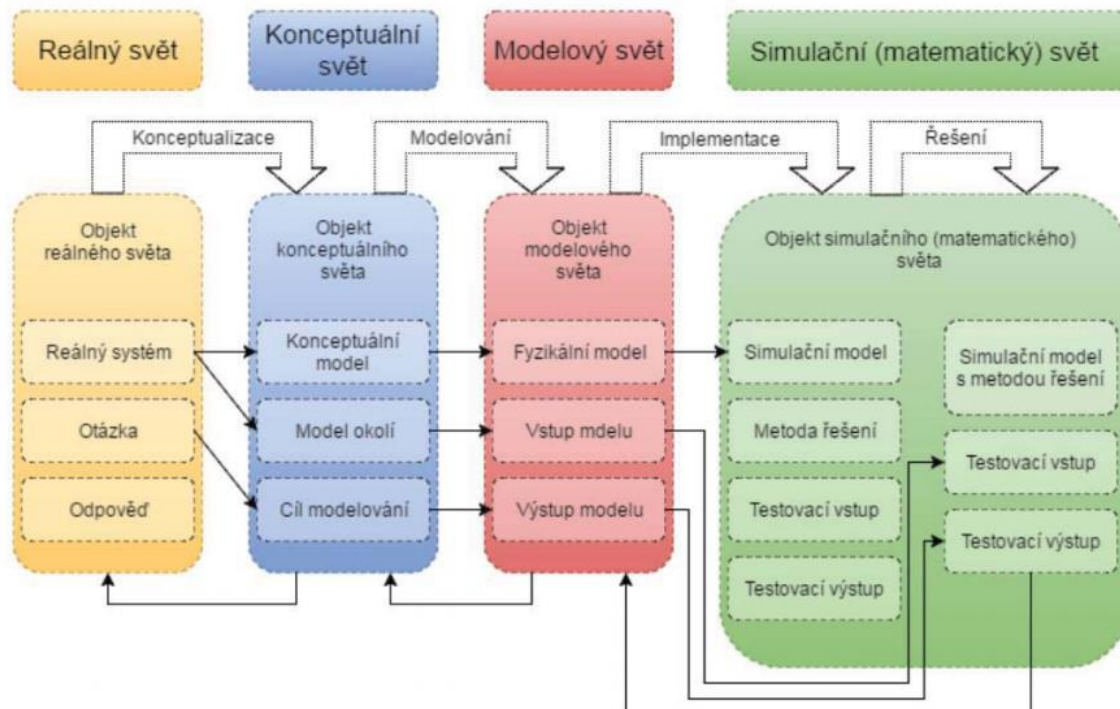
Obr. 19) Technik využívající simulátor HDD VR [17]

Při prezentaci firmy VR Space jsem měl možnost si ve virtuální realitě při použití brýlí HTC Vive a dvou ovladačů vyzkoušet výměnu filtrů v rekuperační jednotce. Pokud by mi byl daný postup výměny vysvětlen pouze slovně nebo za pomoci tištěného materiálu či videa, nedokázal bych si danou operaci tak dobře představit jako když jsem měl možnost ji ve virtuální realitě provést. Ovládání bylo jednoduché a v podstatě intuitivní. Za asistence školitele jsem zvládl vyměnit filtry velice rychle. Pokud bych nastupoval na pozici, kde bych danou dovednost potřeboval, dal bych přednost školení s HMD, protože je názornější a je zde možnost si operaci samostatně vyzkoušet.

3.2 Konstrukční řešení

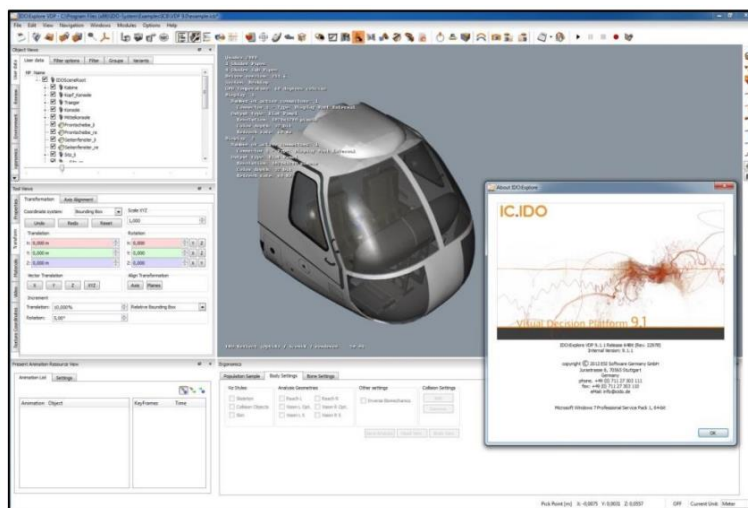
V dnešní době je u některých firem již obvyklé virtuální prototypování. Prototyp se tak složitě nevyrábí, netestuje a nezlepšuje naživo, ale děje se tak jen díky počítačovým simulacím. Podle výzkumu agentury Aberdeen Group dokážou nejlepší firmy v oboru využívající simulace v raném stadiu vývoje výrobku docílit požadovaných obrátů, ceny, kvality a času uvedení na trh u více než 86% produktů. Přitom nejlepší výrobci jsou díky simulacím schopni dodat produkt na trh v průměru o 158 dní dříve a o 1,9 mil USD nižšími náklady než ostatní výrobci. [18]

Pojem virtuální prototyp (VP) představuje simulační model vyšetřovaného objektu či soustavy objektů. Jeho funkcí je náhrada fyzického prototypu za účelem snížení výrobních nákladů projektu. Pod tímto termínem se ukrývá nejen model přenesený do počítačové grafiky, zahrnuje také matematické řešení rovnic popisující chování a vlastnosti daného objektu. (Modelovací postup VP je zobrazen na obr. 20) [19]



Obr. 20) Modelovací postup virtuálního prototypu [19]

Jako příklad komplexního balíku technologií nejen pro virtuální prototypování bych zmínil software IC.IDO Visual Decision Platform (VDP). Ten slouží k vytváření, správě a projekci virtuálních scén. VDP umožňuje realistické zobrazení virtuálních prototypů v reálném čase a ve skutečné velikosti a umožňuje i interakci s nimi – například s nimi otáčet, manipulovat nebo měnit různé konstrukční varianty a ihned je vyhodnocovat. Konkrétně zde v souvislosti s konstrukčními řešeními bych zmínil IDO.Explore, což je soubor nástrojů pro vstup do světa virtuálního rozhodování. Nabízí všechny důležité funkce pro rychlé a správné rozhodování a umožňuje tento proces dokumentovat. Data z různých zdrojů lze sloučit a získat tak konzistentní vizualizaci jakéhokoliv výrobku. Mezi významné funkce tohoto modulu patří tvorba řezů virtuálním prototypem a jeho měření. IDO.Flexible pomáhá při plánování a ověřování umístění všech flexibilních součástí, tj. hadic, kabelů a kabelových svazků na vyvíjeném prototypu. IDO.Reflect je určen pro realistickou vizualizaci složitých produktů. Umožňuje v reálném čase měnit umístění světelných zdrojů, materiály a simulovat průběh denní doby. [20]



Obr. 21) Softwarové prostředí Visual Decision Platform v režimu desktop [20]

Uživatelé softwaru Visual Decision Platform oceňují zejména možnosti realistického zobrazení digitálních modelů v součinnosti s trojrozměrným uživatelským rozhraním, které dovoluje rychlou analýzu vyhodnocení 3D dat v měřítku 1:1 tak, jak to není u běžných desktop systémů možné. Tato činnost umožňuje odhalit případné vývojové chyby ještě před výrobou prvního reálného prototypu. To má nejen pozitivní ekonomický vliv, ale dovoluje to ještě více zkracovat vývojové časy. Konstrukční nedostatky mohou být včas lokalizovány a odstraněny. Stejně tak mohou být díky vysoké transparentnosti takového vývojového procesu včas zohledněny a vzaty v úvahu požadavky a nároky potenciálních zákazníků. Tím lze dosáhnout optimálních, vysoce kvalitních výsledků jak pro výrobce, tak i pro zákazníka. [21]

Automobilka Ford ve spolupráci s Microsoftem a jejich brýlemi pro rozšířenou realitu HoloLens vytvořili podmínky pro zrychlení vytváření prototypů a celkovou pružnost v prvotní fázi návrhu. Používání AR dovoluje vývojářům kombinovat požadavky designerů i konstruktérů.

Obě tyto skupiny tak mohou spolupracovat a sdílet své nápady a návrhy v reálném čase. To umožňuje velkou svobodu a efektivitu tvorby nebo změny prototypů. V propagačním videu od Microsoftu je možné vidět vývojáře společnosti Ford diskutující nad modely v rozšířené realitě a upravující v reálném čase parametry vozu, jako například velikost a umístění zpětných zrcátek podle viditelného odrazu. [22]



Obr. 22) Vývojáři společnosti Ford pracující společně na novém modelu vozidla [22]

Podobné technologie využívá například i tuzemská Škoda Auto, jejíž specialisté z technického vývoje mohou díky virtuální realitě efektivně ladit nové designy vozů, schvalovat technické a konstrukční celky aut v procesu Digitálního Data Control Modelu, potvrzovat jednotlivé díly, zdali je bude možné montovat dle navrženého technologického postupu apod. Další kapitolou využití jsou virtuální simulace nejrůznějších přírodních a fyzikálních jevů, jako např. noční jízdy či teplotní zátěže. Mezi velice zajímavé a úsporné použití simulací a virtuální reality patří také simulované crash testy. [23]

Výzkumní pracovníci společnosti Caterpillar Inc. využívají VR ke zlepšení procesu navrhování stavebních zařízení. Jejich systém jim umožňuje rychle prototypovat modely nakladačů a bagrů. Dále mohou inženýři simulovat provoz zařízení a ihned ho vyhodnocovat.

Mezi další uživatele patří Volkswagen a Chrysler, kteří také začlenili některé užitečné aplikace do procesu vývoje vozidel. Pomocí VR aplikací prozkoumávají různé ergonomické možnosti a varianty. Také s virtuální realitou interaktivně vizualizují havarijní výpočty a výsledky crash testů. [24]

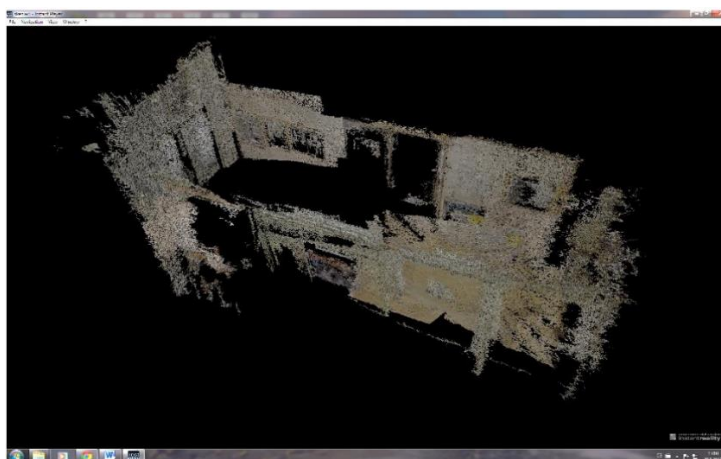
3.3 Plánování výroby, ergonomie pracoviště, řešení kolizí

Jako další proces výroby, kde je využití virtuální reality velice úsporným a rychlým řešením, je plánování rozložení strojů (takzvaný layout) a také je to velice nápomocná technologie při ověřování ergonomie pracoviště. V dnešní době, kdy se výrobní linky připravují několik měsíců a výroba je na nich už naplánovaná na dlouhou dobu dopředu, by každé zdržení ve smyslu špatného rozhodnutí při rozmístování strojů mohlo firmu stát velké finanční prostředky. Stejně jako zpětné zjištění, že některý zaměstnanec nebo automatický robot nemá na svou práci dostatek místa a ergonomie pracoviště je tudíž nevyhovující. I v tomto případě jsou virtuální a

rozšířená realita vhodnými nástroji, které mohou v rané fázi plánování ušetřit nemalé prostředky.

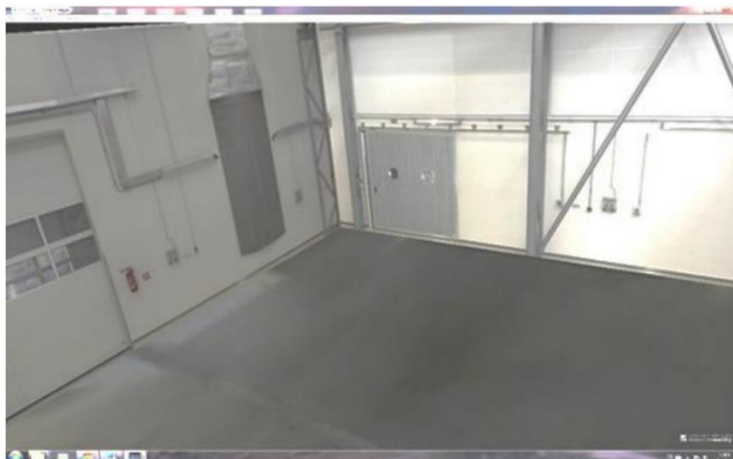
Společnosti zde mají v podstatě dvě možnosti – první je využít naskenování prostoru, kde se má v budoucnu výrobní linka nacházet a nechat si vytvořit 3D model jejich skutečné výrobní haly. Do tohoto prostoru je možné vkládat modely výrobních strojů a plánovat tak výrobu. Druhou možností je využití rozšířené reality a vkládat virtuální modely do skutečného prostoru.

Při skenování prostoru je možno využít MS Kinect, který je vybaven infračerveným senzorem vzdálenosti a software Scenect. Ovšem pro velké prostory není toto zařízení vhodné. Hlavní nevýhodou je vysoký datový tok při tvorbě modelu a kabeláž. Další možností je využití 3D skeneru, u něhož je ale nevýhoda vysoká pořizovací cena. Vhodné je také použití fotoaparátu, který je v místnosti staticky umístěn a je vybaven objektivem s pevnou ohniskovou vzdáleností, aby bylo možné jednoznačně určit pozici fotoaparátu v prostoru. Dále jsou fotografie zpracovány softwarem, který vytváří dle podobnosti hran a ohniskové vzdálenosti prostorový objekt, tzv. mrak bodů.



Obr. 23) *Mračno bodů z prostorového scanu [25]*

Vytvořený prostorový mrak je zapotřebí očistit od šumu vzniklého při focení a překrývání jednotlivých snímků. Dalším důvodem je zmenšení datové velikosti modelu. Následuje vyčištěný mrak obalit barevnou texturou. Tím je získán virtuální model skutečného prostoru. Poté je do něj zasazen 3D model výrobní linky nebo jen jednotlivého pracoviště.



Obr. 24) *Model místnosti s texturou [25]*

Bez použití virtuální reality nejsme schopni zcela jasně odpovědět na otázky, zdali bude možné vložit nové pracoviště do vymezeného prostoru, zdali nebude pracoviště zasahovat do jiného pracoviště, zdali jsou všechna místa dosažitelná pro operátora a zdali nebudou pohyblivé části pracoviště ohrožovat obsluhu a ostatní. Také není jasné, jestli návrh splňuje ergonomické standardy pro práci a jestli nebude docházet ke kolizím. Důležitým aspektem je samozřejmě tok materiálu, jenž musí být plynulý a jednotlivá pracoviště linky na sebe musí navazovat. [25]

I zde se dá použít software IC.IDO Visual Decision Platform, konkrétně modul IDO.Ergonomics, jenž umožňuje kontrolu ergonomických parametrů prototypu pomocí 3D modelu člověka s rozsahem končetin a kloubů. Lze tak naplánovat vhodné umístění potřebných ovladačů, ověřit zorné pole obsluhy a podobně. [20]

Při využití rozšířené reality je vhodným nástrojem Microsoft Layout, který pro zobrazování AR využívá brýle HoloLens. Tento software umožňuje umístit virtuální 3D objekt kamkoliv v reálním prostoru, čase a měřítku 1:1. Microsoft Layout podporuje snadný import plánů půdorysu z aplikace Microsoft Visio, takže zde odpadá nutnost zdlouhavě skenovat nebo fotit reálné prostory. Umožňuje také vytvoření layoutu ve virtuální realitě, kterou poté dokáže převést do rozšířené reality, takže operátor může zkontrolovat rozložení strojů přímo na místě a popřípadě layout upravit podle okamžitých podmínek na pracovišti. Tento software stojí od 95 USD za uživatele / měsíc, což jej nečiní nedostupným i pro menší firmy. Jako větší problém bych zde viděl pořizovací cenu brýlí HoloLens. [26]



Obr. 25) *Plánování rozvržení strojů pomocí softwaru Microsoft Layout [26]*

Jedním z uživatelů rozšířené reality od Microsoftu je i společnost Toyota Motor Corporation. Její inženýři mohou díky Layout softwaru určit, zda se vybavení jako velké laserové svařovací stroje vejde na navrhovaná místa. Dalším zákazníkem je německá společnost Thyssenkrupp, která je předním výrobcem oceli. Dále se specializuje na výtahy, vlaky a stavbu lodí. [27]

3.4 Virtuální výroba

Virtuální simulace nebo digitální výroba, to jsou také termíny pro virtuální výrobu, za kterými se skrývá digitalizace celého výrobně dodavatelského řetězce. Platí pravidlo, že každou fyzickou věc ve výrobě lze softwarově nahradit. To v důsledku znamená, že je možné nasimulovat celkové chování všech prvků výroby a ověřit tak množství materiálu, prostorovou a časovou náročnost, pracovní postupy apod. To však klade obrovské požadavky na znalost veškerých použitých systémů a umění je co nejprecizněji simulovat.

Virtuální výrobu lze rozdělit do tří oblastí:

- Plánování výrobních procesů - komplexní plánování výrobního procesu a zdrojů. Slouží spíše pro ranou fázi simulace, kde se ověří návaznost jednotlivých procesů schopnosti dodat včas materiál apod.
- Ověřování výrobních procesů - slouží k ověření procesů na daný model výrobku, jež chceme vyrábět. Výsledkem je detailní zpráva o funkčnosti jednotlivých procesů výroby na daný výrobek, jejich návaznost atd.
- Simulace výroby - slouží pro vytvoření kompletního modelu výroby, kde lze měnit scénáře výroby, simulovat „výrobní sílu“ (člověk, robot, dopravní vozík), definovat zdroje, předvídat poškození výrobních prvků atd.

Pro správnou funkci virtuální výroby je nutné co nejpřesněji simulovat fyzické systémy. Čím přesnější je model, tím přesnější mohou být výsledky simulací. K vytvoření co nejpřesnějších modelů pomůže i obrovské množství snímačů použitých v jednotlivých zařízeních.

Při virtuální výrobě se nyní zaměříme na produkci. Zde již musí být vytvořeny virtuální modely strojů, které se v továrně používají, aby tak mohla být sestavena výrobní linka a také byl optimálně naplánován výrobní proces tak, aby jednotlivé dílčí subprocessy na sebe navazovaly a byly tak co nejmenší prostoje. V této fázi virtuální výroby se může uživatel zaměřit na použití jednotlivých strojů, smontování dílčích částí výrobku a taky na finální kontrolu kvality výrobku. Pro vytvoření simulace je nutné použít specializovaných softwarů, kterým se budu blíže věnovat později.

Firma, která se rozhodne pořídit si software pro simulaci celé továrny nebo její části, musí zvážit, zda se tato investice má šanci vrátit. Nákupem softwaru to nekončí, pro správné vytvoření modelu výrobní linky nebo továrny je nutné mít co největší množství senzorů, pomocí kterých se co nejpřesněji vytvoří virtuální model. Tvorba modelu a nákladnost čidel může značně převýšit i cenu samotného softwaru. Náklady na tvorbu modelu jsou zapříčiněny tím, že expertů v této oblasti je tak málo, že velké firmy využívající jejich schopností si je cení natolik, že jsou pro menší a střední firmy náklady na virtuální výrobu zcela nedosažitelné.

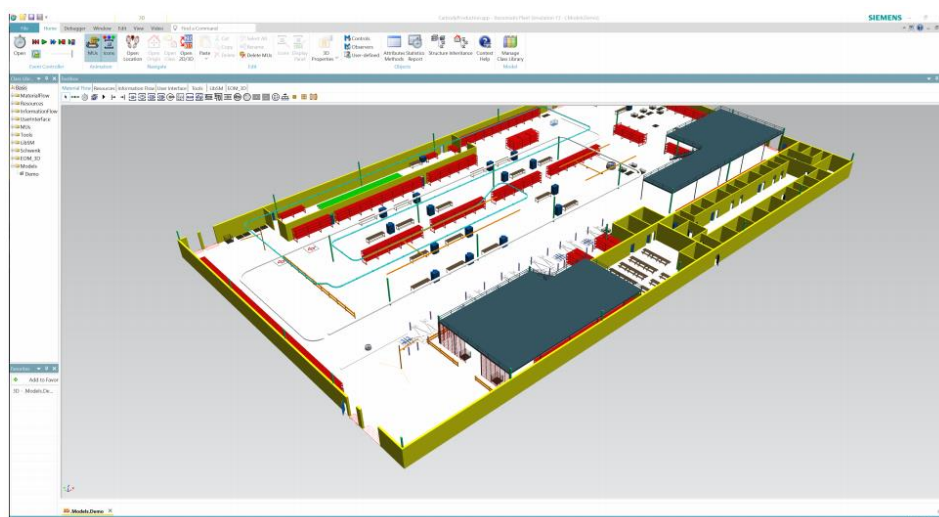
V případě prvotního vytvoření modelu, před samotnou konstrukcí výrobní linky, je možné zjistit, zda výrobní linka splňuje parametry, které od ní očekáváme. Lze také zjistit, jakou kvalitu výsledný produkt bude mít, náklady na provoz, a také případné možné úpravy pro alternativní produkty, což činí firmu více flexibilní pro potřeby jejích zákazníků. Je tedy nutné dimenzovat výrobní linky tak, aby zvládaly vyrábět i alternativní produkty, kterými by se firma mohla zabývat.

Pokud chce uživatel programovat pohyb robotu, výrobní linky a jejich akčních členů, je pohodlnější řídit virtuální model oproti fyzickému prvku. Výhoda přípravy programu na

modelu spočívá právě v tom, že je možné na něm pracovat již v době, kdy se výrobní linka teprve montuje.

Virtuální výroba by měla působit pro oko co nejvěrohodnějším způsobem, z toho důvodu je virtuální výroba úzce spjata s rozšířenou a virtuální realitou. Právě tyto technologie působí nejvěrohodnějším dojmem při nákladech nižších než např. projekční plátno či CAVE. Při zobrazení modelu ve velikosti 1:1 je jednodušší si všimnout možných chyb či nedokonalostí při výrobním procesu.

V současné době se objevuje více firem, které vytvářejí software pro virtuální výrobu. Existují ve verzích od kompletní továrny po softwary simulující jednotlivé procesy nebo výrobní prvky. Software pro kompletní simulaci továrny a kompletního výrobního řetězce vyrábí firma Siemens pod označením Tecnomatix Plant Simulation a také Dassault Systems - DS, vytvářející celé spektrum vizualizačního softwaru včetně softwaru Delmia, který slouží pro virtuální výrobu. Společnost ESI Group vyrábí software s moduly pro slévárnictví, kompozitní materiály, tváření plechů a svařování. Novou firmou na tomto trhu je CGTech, zaměřující se na menší moduly pro virtuální výrobu.



Obr. 26) Okno softwaru Tecnomatix [28]



Obr. 27) Okno softwaru Delmia [28]

Pro implementaci virtuální výroby do podniku se musí dobře zvážit, zda se vydaná investice navrátí. Virtuální výroba je složitý systém vyžadující specialisty a pořízení softwaru je velká investice ještě před započítáním vlastní výroby. Právě velkých investic a jejich nejistého návratu se obává většina podniků, a tak zatím můžeme vidět využití virtuální výroby pouze u velkých společností jako je v ČR např. Škoda Auto. Dalším problémem jsou odborníci, kteří umí tyto softwary ovládat. Těchto lidí je velmi málo, a proto jsou pro firmy také velice nákladní. Totéž platí i o odbornících, kteří umí vytvořit modely reálných systémů. Proto je investice do virtuální výroby pro střední a menší firmy v dnešní době pravděpodobně nenávratná. [28]

3.5 Komplexní montáž (výroba)

Moderní výroba vyžaduje co nejrychlejší sestavení stovek nebo tisíců komponent v přesném pořadí. Z důvodu složitosti sestavení se používají tištěné instrukce nebo PDF soubory, které mohou být zastaralé a je obtížné je znovu a znovu aktualizovat.

Pomocí rozšířené reality je možné tyto informace neustále obnovovat, upravovat dle přání zákazníka a ihned posílat montážním dělníkům. Další výhodou je, že tyto návody jsou po celou dobu v zorném poli zaměstnance, ten se tak nemusí zdržovat zdlouhavým hledáním informací a má obě ruce volné na práci. Dozví se, který díl má kam dát, na jaký moment utáhnout šrouby a podobně. V případě chyby ho software upozorní a je možné zpětně celý proces vyhodnotit. Hlavní důvody pro nasazení rozšířené reality v montáži jsou její urychlení a rychlejší zapracování nových zaměstnanců všude tam, kde se jedná o složité nebo často se měnící procesy. Dále tento software snižuje riziko chyby, usnadňuje kontrolu výrobků a celkově zlepšuje procesy kontroly kvality u montážních operací.

V chemickém průmyslu je vhodným kandidátem na uplatnění rozšířené reality řešení modulu technické dokumentace od společnosti Re'flect. Jedná se o společnost zabývající se implementací IT řešení do větších podniků. Modul technické dokumentace pro rozšířenou realitu vznikl za spolupráce se společností Kothes!, což je jeden z největších tvůrců technických dokumentací na světě se sídlem v Německu. Obdobné řešení tato společnost vytvořila například pro firmu BOSCH jako podporu manuálů pro automobilový průmysl. Cílem tohoto softwaru je uživateli pomoci ve fázi kompletace nebo údržby zařízení, kdy pomocí tabletu je kamerou snímané zařízení doplňováno o digitální prvky. Zařízení je možné ve fázi kompletace zobrazit například kompletně sestavené, nebo zobrazit krok po kroku, kdy je uživatel při stavbě zařízení veden manuálem.

Mezi další zajímavé funkce patří například možnost několika hladin detailů zobrazovaných na digitálně doplněném modelu, které se řídí vzdáleností pozorovatele od skutečného zařízení. Jinými slovy řečeno, čím blíže se uživatel s tabletem nebo brýlemi přiblíží k zařízení, tak úměrně tomu se zvětší množství zobrazovaných detailů. Vše je přehledně graficky zvýrazněné, například červenou barvou, nebo doplněné o číslování sledu operací.



Obr. 28) *Modul technické dokumentace* [29]

Cena software není předem stanovena, a odvíjí se od požadavků zákazníka. Jde o software vyvíjený na míru, dle specifických potřeb a jeho cena bude poměrně vysoká. U tohoto řešení je také nutné vytvořit databázi digitálních modelů dle skutečných zařízení a její následné aktualizace, aby vždy odpovídala aktuálním zařízením provozovaným v daném podniku, což s sebou nese nemalé náklady. Jde tedy o řešení vhodné pro větší společnosti. Nicméně přínos tohoto software pro chemický průmysl je obrovský, nutnost montáží a demontáží zařízení je v chemickém průmyslu každodenní záležitostí, jelikož se fáze oprav prolíná celou dobou provozu chemického zařízení, a i ve fázi výstavby, nebo likvidace má tento software své uplatnění. [29]

V propagačním videu firmy John Deere můžeme vidět pracovníky společnosti používající brýle Vuzix, které jim pomáhají při rychlejší vyřizování předmontáže, kdy zaměstnanec naskenuje čárový kód objednávky, následně mu brýle zobrazí, kde se nachází její jednotlivé části a on je tak může připravit na následnou montáž rychleji a bez chyb. Nespornou výhodou je i to, že pracovník má obě ruce volné a nemusí operovat ještě s ruční čtečkou čárových kódů.

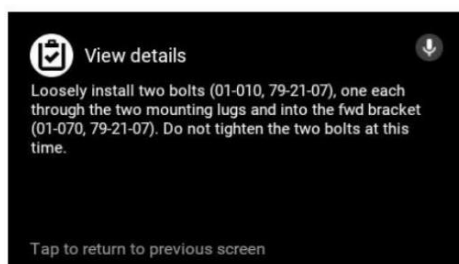
TrackingExpert je software, který je vyvíjen na Iowské státní univerzitě a mohl by se do budoucna používat při komplexní montáži. Jako příklad je uvedena montáž axiálního pístového motoru. Uživatel vidí reálnou součást motoru a k ní krok po kroku přibývají virtuální části, přičemž je názorně předvedeno kam přesně patří. Po namontování skutečné části se zobrazí další krok, dokud není celá montáž hotova. Virtuální součásti reagují na natačení skutečné součásti. Toho je docíleno díky sledování prostoru pomocí kamerového systému MS Kinect. Reálná součást je nahrazena mrakem bodů, a tak může být docíleno toho, že pokud uživatel otočí skutečnou součást, otočí se i virtuální části. Celý software je teprve ve vývoji, a tak je patrné, že například odezva není ideální a při pohybu reálné součásti nastává prodleva. [30]

DAQRI Worksense je komplexní software pro používání rozšířené reality ve výrobě nebo údržbě. Součástí tohoto balíku služeb je i DAQRI Guide, což je právě průvodce montáží krok po kroku. Uživatel se přehledně zobrazují informace a on je může ovládat buď očima nebo hlasem a mít přitom volné ruce na práci. [31]



Obr. 29) Část zorného pole uživatele softwaru DAQRI Worksense [31]

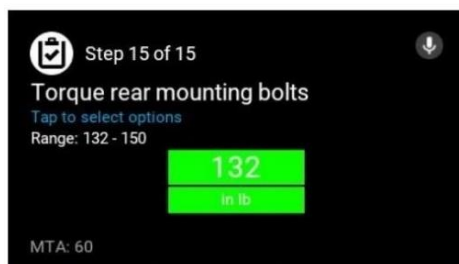
Společnost GE Aviation a jejich softwarový partner Upskill zaznamenávají úspěch díky tomu, že svým mechanikům nabízejí používání rozšířené reality pro montáži. Při pilotním programu v jejich továrně v Cincinnati použili pro skupinu zaměstnanců Skylight, což je program, který jim dokáže specifikovat určité kroky montážního procesu. Dokáže například rozpoznat, zda jsou matice utaženy na požadovaný moment.



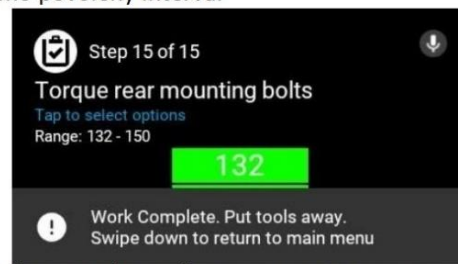
Pracovní postup montáže šroubů v softwaru Skylight



Červená čísla značí hodnotu utahovacího momentu mimo povolený interval



Zelená čísla značí utahovací moment ve správném rozsahu



Hodnota utahovacího momentu je zaznamenána a úkol je označen jako splněný

Obr. 30) Okna softwaru Skylight [32]

Toto ale vyžaduje použití momentových klíčů s podporou WiFi připojení. Skylight upozorní mechaniky, když je klíč potřeba, software pak komunikuje s klíčem, aby změřil použitou sílu a zobrazí měření na displeji brýlí. Podle technického manažera GE má tento postup obrovský potenciál minimalizovat chyby, snížit náklady a zlepšit kvalitu výrobků. Zaznamenali také zvýšení produktivity a efektivity montáže. 85% účastníků tohoto pilotního

programu přiznává, že systém by snížil počet chyb. Zároveň pokud mechanik používal brýle s rozšířenou realitou, dokázal dokončit montáž o 16% rychleji, protože nemusel neustále odcházet pro návod k montáži nebo instrukce o požadovaném utahovacím momentu. [32]

Jelikož ale pro vytvoření návodu montáže v rozšířené realitě jsou potřeba IT specialisté a ne každá firma si je může dovolit, může být zajímavé, jakou cestou se vydala firma Ubimax. Ta představila svůj autorský a publikační nástroj pro vytváření obsahu v AR. Jeho uživatelé mohou velice jednoduše konfigurovat, upravovat a vytvářet aplikace, pracovní postupy, uživatelská a systémová rozhraní, aniž by byli expertní programátoři nebo IT profesionálové. Výhodou je samozřejmě časová flexibilita a snížení nákladů. [33]

Dalším zajímavým použitím rozšířené reality je stavba zdí. Postavit klasickou rovnou zeď z cihel není pro zedníka nic náročného. Pokud však chce člověk ze stejného materiálu vytvořit komplexní zahnuté tvary, už to představuje složitý úkol vyžadující velkou míru plánování a koordinace. Je to časově náročné a drahé. Rozšířená realita ale může s tímto problémem pomoci. Respektive může s tím pomoci aplikace Fologram pro HoloLens navržená přímo pro zedníky, kteří podobné komplexní cihlové zdi chtějí stavět. Ta pracuje s 3D modely navrženými v programu Rhino, které překládá do instrukcí, jak cihly pokládat. Stačí, aby si zedníci brýle nasadili a aplikace všechny potřebné instrukce ukáže. Mají před sebou doslova zobrazené obrazce, na které je třeba cihly pokládat, aby vznikla zamýšlená stavba. Senzory a kamery v HoloLens navíc celou dobu zaznamenávají úhly, v jakých byly cihly pokládány a podle toho upravují další řadu. Ovšem nevýhodou tohoto použití je cena brýlí HoloLens, která zatím možnou revoluci ve stavebnictví odkládá. [34]



Obr. 31) *Aplikace Fologram pro stavbu cihlových zdí [34]*

3.6 Kvalita

V nikdy nekončící snaze o dokonalost výrobci neustále hledají způsoby, jak učinit každou součást lepší. Základem každého výrobce je kvalita. Aby mohla být implementována nová technologie, která bude zvyšovat efektivitu a produktivitu a která bude výrobci platná, musí to učinit bez obětování kvality výrobků.

Kvalita je jedním z klíčových aspektů, u kterého má rozšířená realita za cíl ho zefektivnit a zjednodušit složité manuální sestavování, inspekci a kvalitativní zkoušky. Díky využití AR je možné tyto kontroly provádět rychleji a s menším počtem chyb. Každý výrobce ví, že reklamace jsou nákladné a je proto nejlepší a nejvíce ekonomické objevit vadné díly ihned po jejich vyrobení nebo jim kompletně předcházet. Komplexní zlepšování procesů a kontrola

kvality začíná již výcvikem zaměstnanců. Pokud pracovník udělá chybu při svém zapracovávání ve virtuální nebo rozšířené realitě, nemá tento čin vliv na výrobu a zaměstnavatele nic nestojí. Může si chybný proces zopakovat kolikrát bude potřebovat a může se ze svých chyb poučit. Národní vzdělávací centrum Chrysleru ve Warrenu v Michiganu, které nahradilo klasické školení školením ve VR zdokumentovalo 80% zlepšení procesu kvality a snížení celkové doby zapracování zaměstnance o 38%. Celkově se podle výrobce instruktážních softwarů Light Guide Systems při používání jejich softwaru snížila chybovost o 90% a doba edukace zaměstnance se zkrátila o 40-50% vůči používání klasických tištěných materiálů. [35]

Pokud je poslán do výroby vadný kus nebo prototyp, společnost může stát tato chyba nemalé finanční prostředky. V roce 2001 uvedl Ford na trh vadný typ tlumiče a firma Firestone pneumatiku, které se odděloval během. Bylo reklamováno 6,5 milionu kusů pneumatik, při nehodách způsobených těmito vadnými výrobky zemřelo 12 lidí a společnosti musely zaplatit 3 miliardy dolarů jako odškodnění. Toyota v roce 2013 prodávala zasekávající se plynový pedál a v roce 2014 uvedla na trh airbag, ve kterém se tvořily trhliny. Reklamováno bylo 10 milionů automobilů, při nehodách zemřelo 12 lidí a firma musela zaplatit jako odškodné celkově 2 miliardy dolarů. General Motors prodával v roce 2014 automobily s vadným zapalováním. Celkový počet reklamací je 30,4 milionů vozidel, ztráty firmy byly 4,1 miliardy dolarů a nehody spojené s touto závadou si vyžádaly životy osmi lidí. Toto je jen náznak případů, kdy selhala kontrola kvality výrobků. Nemuselo k tomu dojít, pokud by dané společnosti používaly systémy rozšířené reality.

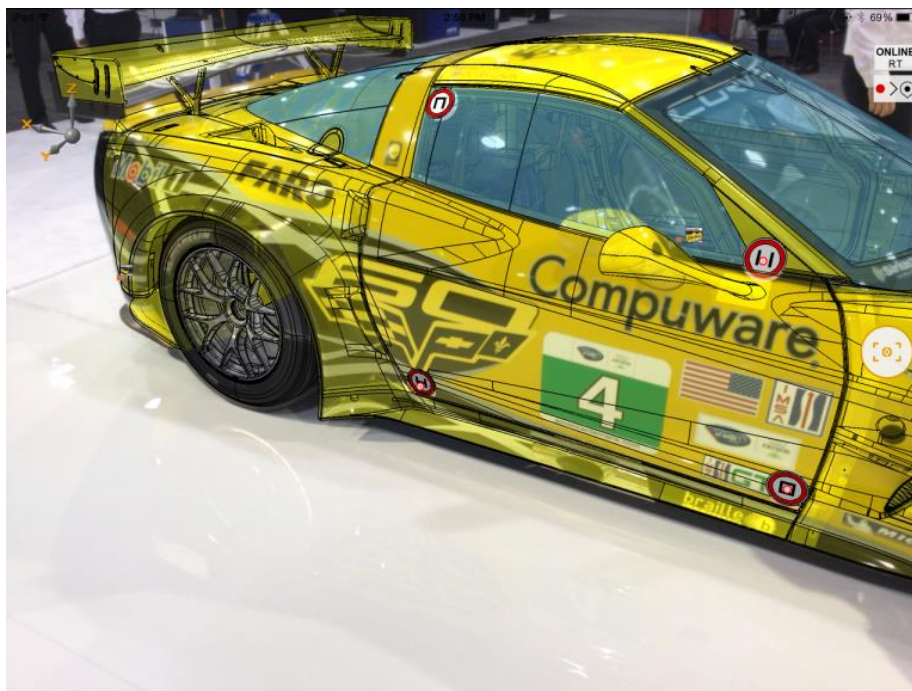
V případě nákladů na opravu platí pravidlo 1-10-100. Pokud je výrobek opraven ještě v rámci prototypu nebo návrhu, tak náklady tvoří 1 díl. Pokud se objeví vada až po výrobě, ale ještě stále před prodejem, je to už desetinásobek. A pokud objeví chybu koncový zákazník, náklady vzrostou na 100 dílů, nemluvě o poškozené reputaci firmy.

Software CAQ je jednou z možností, jak implementovat rozšířenou realitu do procesů kontroly kvality. Jeho všestrannost umožňuje uživateli ověřit si požadavky na kvalitu, které jsou podle normy ISO 9000 : 2015 úplnost, platnost, přesnost, konzistence, dostupnost a včasnost. Tyto požadavky jsou definovány jako potřeba nebo očekávání, které jsou obecně předpokládáné nebo povinné. CAQ dokáže včasné identifikovat a lokalizovat poruchy v procesu výroby, předat je uživateli a ten se tak může rozhodovat rychleji a efektivněji, snižovat nebo úplně předcházet vadám produktů namísto jejich opravě až po výrobě. [36]



Obr. 32) Prvky rozšířené reality v zorném poli uživatele softwaru CAQ [37]

Další možností je technologie překrývání skutečného výrobku jeho přesnou virtuální kopií, takže je možné ihned odhalit vady či nedostatky. Tuto možnost přesně nabízí technologie FARO Visual Inspect AR od firmy FARO. Tyto nesrovnalosti mohou být v programu okamžitě zdokumentovány pomocí fotodokumentace nebo videozáznamu, přičemž dokumentace nebo chybová zpráva jsou přímo propojeny s oddělením odpovědným za daný úsek výroby. Kromě virtuálního modelu má kontrolor také všechny další potřebné informace o výrobku, jako jsou metadata, normy ISO, výrobní data, interní normy a předpisy. Toto všechno umožňuje rychlejší a snadnější provádění kontrol kvality. [38]



Obr. 33) Překrytí automobilu virtuálním modelem v softwaru FARO [38]

Při provádění samotné kontroly je také důležité nezapomenout na žádný krok. Pokud musí inspektor neustále odbíhat k tištěným instrukcím, zvyšuje se šance, že na něco zapomene nebo udělá chybu. Z tohoto důvodu existují softwary, které ho kontrolou provedou krok po kroku, navádí ho, co přesně má kontrolovat a mohou mu pomoci s vizuální kontrolou. Aplikace zobrazuje grafické pokyny a technik se jimi řídí, aniž by odtrhl oči od kontrolované součásti. [39]

Mezi firmy využívající rozšířenou realitu se zařadila i společnost Toyota. Ta patří mezi uživatele komplexního balíku služeb od Microsoftu Dynamics 365, jehož součástí je i modul na kontrolu kvality vyráběných součástí. Zaměstnanci Toyoty pomocí AR kontrolují například tloušťku nátěru vozu a použití brýlí HoloLens dokázalo zkrátit tuto kontrolu z jednoho dne na pouhé dvě hodiny za použití polovičního počtu pracovníků. [27]

Francouzský výrobce Renault Trucks si slibuje od používání brýlí HoloLens zlepšení procesů kontroly kvality u svých montážních operací. Malý tým zaměstnanců spolupracuje s technologickým partnerem Immersion na návrhu prototypu aplikace, která je testována v závodě v Lyonu. Ta by měla v budoucnu zvládnout překrýt celý fyzický motor digitálním modelem, takže pracovníci budou moci vidět, jak bude daný výrobek vypadat. Budou si ho moci zobrazit vcelku, a nebo i po částech a budou tak moci lépe provést kontrolu správnosti smontování. Při kontrole kvality bude možnost si prohlédnout a porovnat správně sestavený

virtuální model se skutečným motorem. Renault si dále od zavedení rozšířené reality slibuje, že mu pomůže přiblížit se k cíli se stát bezpapírovým pracovištěm. V současné době se společnost zaměřuje na časový rámec v letech 2019 – 2020 pro nasazení technologie napříč celou výrobou. [40]



Obr. 34) *Kontrola motoru po překrytí virtuálním modelem a odhalením nesrovnalostí*
[40]

Společnost Airbus používá aplikaci MiRa pro integraci digitálních modelů do výrobních prostředí, což umožňuje pracovníkům montáže přístup k úplným 3D modelům vyráběného letadla. Podle Airbusu se MiRA používá na výrobních linkách A380 a A350 XWB pro kontrolu integrity sekundárních konstrukčních držáků, které drží na místě hydrauliku a další zařízení. Airbus oznámil, že MiRA zkrátí čas potřebný ke kontrole 60 000 - 80 000 držáků v trupu A380 z 3 týdnů na 3 dny.

V roce 2016 SlashGear informoval o pilotním programu provozovaném v montážním závodě Porsche v Lipsku v Německu. Ukázka společnosti předvedla, že technici Porsche využívají rozšířenou realitu jako nástroj v procesu zajišťování kvality. Základní myšlenkou je, že kvalifikovaní profesionálové fotografují díly nebo sestavy na kontrolovaných vozidlech a pak tyto snímky porovnávají s obrázky poskytovanými dodavateli prostřednictvím překrytí rozšířené reality. Vlastnosti, které jsou mimo specifikaci, jsou zvýrazněny, což umožňuje technikům Porsche rychle a intuitivně identifikovat problém. Případným plánem, jak uvádí SlashGear, je propojení kamer na výrobní ploše přímo s databází dílů založenou na cloudových systémech společnosti Porsche, aby byla umožněna analýza součástí a sestavených dílů v reálném čase. Obě společnosti si od tohoto plánu slibují výrazné zkrácení doby inspekce. [41]

3.7 Údržba ve výrobě

Údržba ve výrobě je specifickým procesem, který přímo ovlivňuje výkon, produktivitu a kvalitu výrobků. Použití rozšířené reality může způsobit výhody, mezi které přímo patří snížení možnosti chyby lidského faktoru, snížení doby provádění údržby a tím pádem menších prostojů a od toho odvíjející se snížení nákladů. Abych mohl rozlišit termíny údržba a servis, je nutné si také definovat, co každý termín znamená. Údržba je pravidelná a plánovaná kontrola výrobku nebo výrobní linky, naopak servis je kontrola výrobku nebo výrobního systému v případě poruchy. V této kapitole se budeme zabývat pouze prvním případem, servis bude podrobněji rozebrán v kapitole 4.11.

Společnost Mitsubishi Electric vyvinula technologii podpory údržby využívající rozšířenou realitu založenou na trojrozměrném modelu, který umožňuje technikovi používat chytré brýle k potvrzení příkazu při provádění údržby. Poté údržbář hlasovým vstupem potvrdí výsledky. Tato technologie musela vyřešit několik problémů, mezi které patřil i hlasový vstup při provádění údržby ve velmi hlučném prostředí. Ovšem systém vykazuje 95% přesnost i při okolní hlučnosti 85 dB. 3D model je umístěn do prostoru s maximální chybou 1,2 cm při vzdálenosti 60 cm od součásti, na které je prováděna údržba. To je způsobeno přesnějším skenováním skutečného objektu RGBD kamerou, která lépe rozpoznává skutečnou hloubku. [42]

Společnost Upskill se svým komplexním softwarem Skilight pomáhá implementovat AR i do údržby. Mezi jejich zákazníky patří například GE Aviation, kde se efektivita údržby zvedla o 8-12%. Techničtí pracovníci společnosti GE Renewables zrychlili dobu provádění údržby o 34%. Hlavní rozdíl je ten, že technik nemusí neustále nahlížet do manuálu a v podstatě může mít kontrolovanou součást neustále v zorném poli. Další již zmiňovanou výhodou je snížení možnosti chyby lidského faktoru. V případě zapomenutí nebo přeskočení určitého kroku systém údržbáře upozorní. [43]

Jedním z průmyslových odvětví, kde je údržba velice důležitý aspekt, je letecký průmysl. Každá součást letadla má definovanou životnost v letových hodinách a po uplynutí této doby musí být vyměněna. Při každém vzletu musí všechny součásti letadla odpovídat směrnicím o letové způsobilosti. Kontroly jsou plánovány tedy z důvodu obecné únavy (v závislosti na letových hodinách), setrvačného zatížení (v závislosti na počtu cyklů vzletu/přistání) nebo času (problém stárnutí). Dělí se na čtyři úrovně, označené A až D. Kontrola A je prováděna po 200-300 cyklech, B po odlétání 2000 letových hodin. Kontrola C je detailní údržba prováděná po dosažení 3500 letových hodin, což je u běžného komerčního letadla zhruba po 18-24 měsících a trvá 8 až 15 dnů. Poslední kontrolou je D, což je generální oprava trvající cca 60 dnů. Je prováděna každých 18000-26000 letových hodin, což odpovídá průměrně době devíti let. Z praktického hlediska je pro každou kontrolu vypracován manuál nebo kontrolní seznam, podle kterého je nutné postupovat. Jsou zde podrobně popsány montáže a demontáže včetně ilustrativních obrázků. Tento postup ovšem vede k možným problémům, které jsou zejména lišící se ilustrativní obrázky od skutečných součástí, pochybnosti při údržbě vyžadující vyjasnění výrobce letadla, nadměrná pracovní zátěž způsobená špatnou ergonomií pro provádění údržby (úzká místa na práci s nástroji) nebo obtížné rozpoznání podobných součástí.

Rozšířená realitu může znatelně vylepšit několik ze zde zmíněných problémů. Manuály podobné těm popsaným v kapitole o komplexní montáži ušetří údržbářům čas, který je nutné věnovat nahlížení do papírových manuálů nebo lezení po žebříku a zpět. Pomocí CAD modelů dokáže AR rozpoznat jednotlivé součásti a montážní/demontážní postupy mohou být v rozšířené realitě pracovníkovi demonstrovány rovnou na místě.



Obr. 35) Návrh části manuálu pro údržbáře letadel [44]

I když se jedná jen o vizi budoucnosti, tak společnost Airbus již začlenila virtuální realitu do tréninku svých údržbářů, montérů a techniků. Další využití nachází v konstrukci, kde se ověřuje přístupnost a ergonomie jednotlivých dílů právě pro údržbáře. [44] [45]

Společnost Siemens začala používat rozšířenou realitu pro údržbu svých lokomotiv Vectron. Technici mohou využít zabezpečenou internetovou síť, která je k dispozici v každé lokomotivě, aby měli na svém tabletu přístup k šifrovanému serveru společnosti Siemens. Rozšířená realita umožňuje technikovi použít funkci „point and click“ pro provádění diagnostických úkolů a běžných kontrol. Například nasměrování kamery tabletu na podvozek umožňuje technikům získat CAD výkres dvojkolí a pokyny, jak nastavit nebo odstranit brzdu tlumiče otáčení. Společnost Siemens se snaží vytvořit databázi, kde bude mít k dispozici několik tisíc stránek návodů, stejně jako historie údržby a veškeré podrobnosti o úpravách konkrétní lokomotivy. [46]



Obr. 36) Předjízdni kontrola lokomotivy Vectron pomocí AR [46]

3.8 Odborná podpora a vzdálený přístup

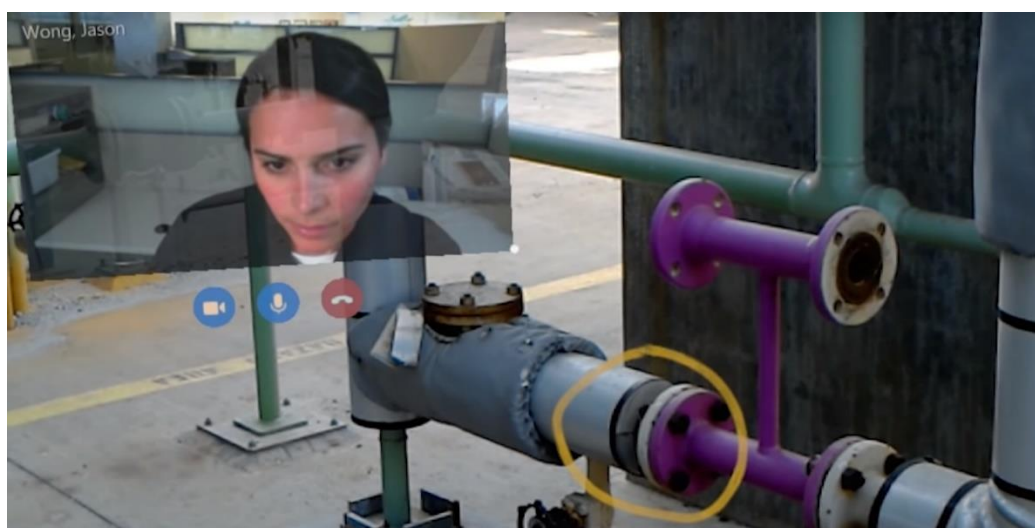
Využití rozšířené reality v odborné podpoře a vzdáleném přístupu má za úkol snižovat náklady na cestování a urychlovat řešení vzniklých závad. Další možností je interaktivní propojení týmů lidí, které pracují na stejném projektu a živá konference není z časových důvodů nebo z důvodu velké vzdálenosti mezi nimi možná. Samozřejmostí je tedy vizualizace produktu v reálném čase, a to na všech pracovištích po celém světě.

Rozšířenou realitu s vizuálními a hmatovými funkcemi lze navíc použít pro vzdálené ovládání úkonů prováděných roboty v prostředí nepřístupném pro člověka. Takové systémy vzdálené obsluhy umožňují technikům ponořit se do rozhraní virtuální reality a ovládat pohyby robotu, například při svařování nebo sestavování dílů. [47]

Při servisu či údržbě nastává problém, že firmy mají dostatek techniků, ale nedostatek odborníků. V případě problému při servisu nastává zdoluhavý proces shánění odborníka nebo vysvětlování závady a doba servisu se tím prodlužuje. Rozšířená realita nabízí možnost propojení zorného pole technika s odborníkem, který může údržbáři radit, označovat mu místa s možnými problémy a navádět ho. Není tedy nutná jeho přítomnost, dochází k úspoře času a tuto odbornou podporu je možné provádět odkudkoliv.

Virtuální realita je také vhodným nástrojem pro zacvičování a školení techniků, kteří takto získávají více vědomostí a praktických zkušeností s problémy, které by je mohly během servisu potkat. [41]

Microsoft vydal pro své brýle HoloLens aplikaci Remote Assist, kterou využívá například i firma Chevron. Ta se zabývá energetikou, zejména využitím ropy a zemního plynu, jejich vyhledáváním, těžbou, zpracováním, přepravou i prodejem. Jelikož těžbu provádí po celém světě, využívá možnosti spojit se se svými odborníky odkudkoliv a diskutovat s nimi problémy nebo konstrukční řešení. Dalším využitím je inspekce na dálku. Technici nemusí jezdit po celém světě a kontrolovat ropné plošiny, ale mohou to díky virtuální realitě dělat ze své kanceláře v Houstonu. [48]



Obr. 37) Zorné pole pracovníka využívajícího při údržbě vzdálenou podporu [48]

Společnost Porsche se snaží ještě urychlit a vylepšit servis vozů svých zákazníků. V roce 2018 zavedla software AiR Enterprise od formy Atheer, který využívá ve spojení s brýlemi pro rozšířenou realitu k propojení servisních techniků s centrem technické podpory Porsche v Atlantě. Odborníci tak mohou z kanceláře zjistit, co technik prohlíží, protože zachycuje své zorné pole kamerou, jejíž obraz je předáván v reálném čase a poslat mu odpovídající manuál či instrukce. Ty si technik zobrazí ve svém zorném poli právě díky brýlím pro AR. V pilotním programu v osmi servisech společnost Porsche zjistila, že rozšířená realita pomohla snížit dobu řešení poruch o 40%. [49]

Další firmou, která má ve svém softwarovém balíčku možnost vzdáleného přístupu, je DAQRI se svým softwarem Worksense. Ten využívá například norská firma SHM, která se zabývá námořním, pobřežním a akvakulturním průmyslem. Ve svém propagačním videu vyzdvihuje možnost vzdáleného přístupu právě díky rozšířené realitě. Jako výhodu vidí úsporu času a financí, které by byly použity na cestování, jelikož má Norsko velice dlouhé pobřeží. Další výhodou je rychlost propojení. To se provádí přes odkaz, který technik odešle konkrétnímu specialistovi a on se může přihlásit do jeho brýlí. Ovládání brýlí je pomocí hlasu, takže má pracovník volné ruce. Je zde i možnost odesílat a přijímat digitální soubory, například udělat termovizní snímky, poslat je do centra vzdálené podpory, a tak rychleji lokalizovat problém. [50]

Scope AR, vývojář softwaru ARKit, se vydal jinou cestou. Jejich cílem bylo nabídnout program co nejširší skupině lidí. Díky jejich technologii je možné na věci snímané kamerou přístroje jednoduše vytvořit příkazy, postupy, označení míst nebo šipky, a to na každém tabletu či telefonu, který má operační systém iOS 11 nebo vyšší. Může to být v živém videohovoru využito právě k vzdálené podpoře a instrukcím od specialisty. Hlavní přínos aplikace je zjednodušení používání vzdálené podpory a možnosti využít tuto funkci pro široké spektrum průmyslových aplikací. Podobný software vydala i společnost Chalk, která představila aplikaci Vuforia, využívající základ právě z ARKit. Jedná se o jednoduchou aplikaci, ve které je možné verbální popis doplnit o grafické značky. Použití této aplikace se meze nekladou, je vhodná od průmyslu až po radu prarodičům, jak vyměnit baterky v ovladači. Je možné ji stáhnout z App Store zcela zdarma [51] [52]



Obr. 38) ARKit při použití na tabletu [51]

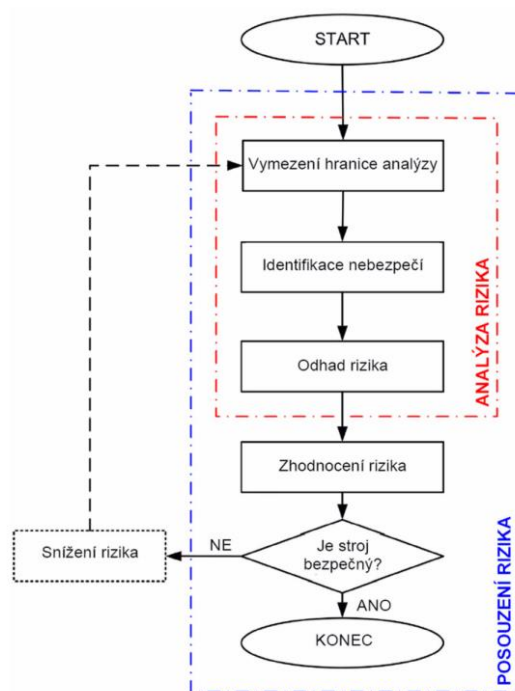
IDO.Cooperate od Visual Decision Platform je součástí komplexního balíku služeb pro ovládání a řízení systémů virtuální reality. Tato část dovoluje vizualizaci produktu v reálném čase na různých pracovištích po celém světě. Prostřednictvím internetu lze pracovat na jednom výrobku najednou z různých pracovišť a v reálném čase hodnotit a upravovat jednotlivé vývojové varianty. [20]

Odborná podpora a vzdálený přístup je jednou z nejpoužívanějších a nejrozšířenějších aplikací rozšířené reality v průmyslu. Dokáže ušetřit nemalé prostředky a také čas specialistů ve svém oboru. Vedle profesionálních systémů se zde nachází i jednoduché aplikace, které mají velice malou nebo žádnou pořizovací hodnotu, a i přesto dokáží být velice platné.

3.9 Bezpečnost

Bezpečnosti na pracovišti lze dosáhnout dvěma způsoby. První je, aby používané stroje a nástroje odpovídaly bezpečnostním normám a tím pádem bylo riziku předcházeno. Druhý způsob jsou dostatečně proškolení zaměstnanci, kteří mají za sebou skutečné bezpečnostní školení, kde v ideálním případě simulovaně zažili nebezpečnou situaci a mají tedy vyšší šanci správně reagovat v případě skutečné krizové situace.

Virtuální realita je vhodná zejména ve fázi identifikace rizika (potažmo identifikace nebezpečí). V iterativním procesu dosahování bezpečnosti strojního zařízení předchází tomuto kroku vymezení hranice analýzy a výsledky tohoto kroku slouží jako vstup pro odhad rizika.



Obr. 39) Opakovací postup k dosažení bezpečnosti strojního zařízení dle ČSN EN ISO 14121-1 [20]

Tento krok je pro celý proces zajišťování bezpečnosti strojních zařízení velmi důležitý, protože není-li riziko včas zjištěno, např. v důsledku nepozornosti nebo chybějících informací, může se dříve či později stát zdrojem bezpečnostních problémů. Nepoznané riziko nemůže být ani analyzováno, ani ošetřeno, a zjišťování (identifikace) rizika je proto základním prvkem systému managementu rizika a prvním krokem v procesu managementu rizika. Zjišťování rizik,

někdy také označované jako vyhledávání slabých míst, zahrnuje systematické přezkoumávání ošetřovaného procesu z hlediska možnosti výskytu nebezpečných událostí, a to nejen ve vztahu k normálnímu průběhu zkoumaného procesu, ale i ve vztahu k jeho rozumně předvídatelným nenormálním průběhům.

Odpovědná identifikace rizik není možná bez důkladné znalosti zkoumaného systému, protože v potaz musí být brány jak všechny entity systému, jejich funkce, charakter a vzájemné vazby, včetně možností selhání prvků podstatně ovlivňujících bezpečnost systému a dopadů těchto selhání na systém, tak ovlivňování systému okolním prostředím. A právě pro zevrubnou identifikaci rizik u výrobních strojů a dalších strojních zařízení je dle mého názoru obzvlášť výhodné využít pokročilých vizualizačních technologií virtuální reality. Posuzování rizik nového stroje je totiž nutné realizovat pro celý jeho životní cyklus a z toho důvodu je potřeba proces posuzování rizik zahájit již v časně fázi vývoje nového stroje. V tak brzké etapě však není k dispozici veškerá technická dokumentace stroje nutná k posuzování, což by nebylo ani vhodné, neboť účelem posuzování rizik je mimo jiné ovlivnit tvorbu technické dokumentace stroje takovým způsobem, aby byl již vyrobený stroj bezpečný. Právě v těchto raných fázích vývoje nového stroje přinese vyhodnocování virtuálního prototypu výrobního stroje – vzhledem k iterativnímu charakteru konstrukčního procesu i samotného procesu posuzování rizik – značné časové i finanční úspory. [20]

Pokud se podíváme na druhý způsob, kterým je bezpečnostní školení zaměstnanců, dojdeme k názoru, že i zde je výhodné použít virtuální realitu. Zejména stavebnictví je průmyslové odvětví, kde často dochází ke zraněním přímo na stavbě a díky VR může toto riziko klesat. Výhodou použití virtuální reality je zejména větší zapojení školených osob, vyzkoušení vysoce rizikových scénářů v bezpečí školící místnosti a také možnost nebezpečné situace opakovat. Samozřejmostí je také zaznamenávání dat pro vylepšení školícího programu a také pro lepší kontrolu samotného školení.

Firma NextWave Safety Solutions nabízí své vzdělávací programy, které mohou být specifikovány podle potřeb jednotlivých zaměstnavatelů, ať už se jedná o práci na lešení, ovládání jeřábu, řízení vysokozdvizného vozíku, a nebo reakci na teroristický útok – vždy jsou to ovšem situace, jejichž přesná simulace by byla v reálném světě nákladná nebo obtížná a to i v případě chyby školených pracovníků. Účastníci kurzu mohou navíc otestovat své nabyté znalosti během interaktivních kvízů zasazených přímo do virtuálního světa. Imerzní virtuální realita je ovšem vtahuje do děje, jako kdyby byli ve skutečném světě, rozdíl je zde jen velmi malý. [14]



Obr. 40) Simulace práce na lešení [53]

Stavební společnosti Liebherr a Bechtel také využívají VR k bezpečnostnímu školení, a to zejména operátorů jeřábů. Simulují různé nebezpečné situace, které se odvíjejí od situace na staveništi nebo od počasí a opakovanými cvičeními svých operátorů zvyšují bezpečnost na staveništi. [16]

Caterpillar učí své zaměstnance, jak dodržovat bezpečnostní standardy při stavbě dálnic pomocí softwaru Cat Safety VR. Účastník se zde ocitá na stavbě virtuální dálnice se všemi možnými riziky plynoucími při této práci. Jedná se zejména o rozptýlení, nesoustředění se na bezpečnostní požadavky a z toho plynoucí následky, například kolize s vozidlem. Každý rok zemrou na silnicích ve Spojených státech stovky lidí. Toto školení týkající se konkrétních nebezpečí při výstavbě silnic, význam bezpečnostních postupů a efektivní komunikace mezi pracovníky mohou pomoci snížit počty těchto bezpečnostních incidentů na staveništi. Tento program se soustředí především na scénáře typu řízení dopravy, bezpečný pohyb na staveništi nebo používání bezpečnostních pomůcek. Každý scénář obsahuje dobrý a špatný konec, jehož přehrání závisí na chování účastníka. Výcvikový modul je zakončen každodenním briefingem, aby se posílila pozitivní poučení a zdůraznily se důležité skutečnosti.

Podle generálního ředitele Caterpillaru je důležitá bezpečná alternativa ke vzdělávání na reálné stavbě a také poukazuje na generační výměnu pracovníků, čemuž by měly odpovídat i použité technologie. Virtuální realita je poutavá zkušenost pro všechny školené zaměstnance a četné studie ukázaly, že si pracovníci pamatují lépe školení s VR než pomocí klasických tréninkových metod. [54]



Obr. 41) Školící software Cat Safety VR [54]

Těžební průmysl je typickým příkladem odvětví, ve kterém jsou zaměstnanci vystaveni velkým bezpečnostním rizikům. Proto zaměstnavatelé vyžadují dostatečné školení, aby zajistili bezpečnost svých pracovníků. Z těchto vzdělávacích úkolů jsou některé z nich velmi obtížné nebo nemožné praktikovat v reálném světě, jako je například záchrana z dolu, únik před katastrofami atd., což činí technologii VR velmi vhodnou jako vzdělávací nástroj pro takové situace. Mezi hlavní výhody použití virtuální reality při bezpečnostním školení patří zkrácení času, neomezený přístup k drahému nebo nedostupnému vybavení, úspora nákladů a schopnost simulovat nebezpečné podmínky. [15]

3.10 Skladovací operace a logistika

Rozšířená realita je ve skladovacích operacích a logistice velkým pomocníkem při orientaci ve skladu, naskladňování zboží a při jeho výdeji. Uspadňuje orientaci skladníků, zvyšuje produktivitu a zkracuje dobu nutnou na naskladnění/vyskladnění zboží. Mezi vize budoucna patří i použití brýlí pro rozšířenou realitu kurýry a dodavateli přímo při dovozu balíků.

Upskill, vydavatel a prodejce softwarové platformy Skylight, vidí potenciál v použití AR ve skladovacích operacích. Podle Upskillu dojde při používání rozšířené reality k zlepšení povědomí, kde přesně se ve skladu hledaná zásilka nachází, zkrátí se čas operace naskladnění nebo vyskladnění zásilky, zmenší se počet chyb a dojde k propojení zaměstnanců s daty, systémy a vybavením. Jako potvrzení svých slov uvádí konkrétní případ. Jedná se o případovou studii společnosti GE Healthcare, která dělala pokusy ve svém skladu. Nejříve měl její zaměstnanec vyřídit zásilku bez použití brýlí pro rozšířenou realitu. Musel často chodit přes celé skladiště, aby na stolním počítači nahlédl do databáze a našel, kde konkrétně se daná část zásilky ve skladu nachází. Jiný zaměstnanec vyřizoval stejnou zásilku s pomocí rozšířené reality. Dokázal dokončit úkol o 46% rychleji než první zaměstnanec a nenachodil zbytečné stovky metrů po skladu. Skylight zobrazuje popis hledaného výrobku, počet jednotlivých kusů a poté primární nebo vedlejší lokace, kde se daný výrobek ve skladu nachází. Tyto informace udržuje po celou dobu v zorném poli zaměstnance. Ovládání softwaru je možné hlasem, což usnadňuje manipulaci s produkty, a nebo pomocí touchpadu na boku brýlí. [55]



Obr. 42) Zadání objednávky v prostředí softwaru Skylight [56]

DHL je známá mezinárodní kurýrní a logistická společnost. V roce 2014 vydala studii o využití rozšířené reality v logistice. Zaměřila se na možné aplikace této technologie v různých částech dodavatelského řetězce. Například ve skladových operacích se nabízí využití rozšířené reality pro optimalizaci vychystávání. Software umožňuje nejen rozpoznávání objektů v reálném čase, ale i čtení čárových kódů, navigaci uvnitř skladů a integraci informací se systémem řízení skladu.

Zajímavé příležitosti pro optimalizaci procesů přináší podle studie rozšířená realita také v oblasti dopravy. Jednoduše by tak bylo možné kontrolovat např. kompletnost nákladu. Místo zdlouhavého počítání krabic či skenování čárových kódů by stačil jeden letmý pohled na

naložený náklad. S kombinací skenerů, 3D senzorů a výpočtem rozměrů a objemu zásilek systém dokáže rozpoznat skutečný náklad, porovnat ho s dodacími listy a výsledek okamžitě zobrazit uživateli. Podobně by systém mohl identifikovat zboží, které podléhá regulacím při exportu či importu a automaticky vyhledat potřebné dokumenty, přiřadit klasifikaci komodit či přeložit označení zboží a obchodní podmínky apod. Rozšířená realita může výrazně pomoci řidičům zobrazením aktuálních dat o provozu, vozidle či trase v reálném čase v jejich zorném poli, ať už pomocí brýlí, nebo v projekci na čelním skle.

Další možností je využití rozšířené reality při nakládce a vykládce vozidel. Namísto papírového nákladního listu by řidič dostal informace o nákladu a plán nakládky pomocí zařízení pracujícího s rozšířenou realitou, a okamžitě by tak věděl, kam do vozidla naložit konkrétní paletu či zásilku. Instrukce pro nakládání lze zobrazit např. pomocí šipky, podobně jako ve skladu.

S ekonomickým rozkvětem se zvětšují toky zboží mezi jednotlivými zeměmi. Pro logistické společnosti to znamená velkou příležitost. Na druhé straně ovšem také komplikovanější procesy, které mimo jiné souvisí s odlišnou legislativou a podmínkami v různých částech světa. Systémy pracující s rozšířenou realitou by mohly být přínosem zejména pro poskytovatele globálních obchodních služeb. Před odesláním zásilky by prověřily její soulad s příslušnou legislativou a zajistily správné vyplnění obchodní dokumentace. Zařízení s rozšířenou realitou naskenuje obchodní dokumenty nebo zboží a na základě toho zjistí nebo opraví přiřazení odpovídajícího kódu komodity. [57] [58]

Tolik tedy k vizím společnosti DHL. Ta v roce 2017 dokončila pilotní projekt nasazení rozšířené reality a začala tuto technologii zavádět do dalších skladů. Využívá k tomu program xPick od Ubimaxu a brýle společnosti Vuzix. Software dokáže promítat data do zorného pole uživatele, ukazuje, kde se hledaná položka nachází a na jaké místo ve vozíku má být umístěna. Dokáže také číst čárové kódy, takže má zaměstnanec volné ruce pro práci a manipulaci se zásilkou. Momentálně je ve vývoji proces výpočtu rozměrů zásilek. Komplexní program, schopný hlídat legislativu nebo navádět řidiče zatím chybí. [59]



Obr. 43) Prostředí programu xPick využívaným ve skladu [57]

3.11 Servis

V případě servisu se na rozdíl od údržby jedná o kontrolu výrobku nebo výrobního systému, pokud na něm nastane porucha. Rozdíl je také v tom, že během údržby kontrolujeme jednotlivé části stroje a postupujeme systematicky podle předepsaných norem. Během servisu je naším hlavním úkolem lokalizovat poruchu a tu poté odstranit. I při vyhledávání poruch nám může pomoci rozšířená nebo virtuální realita, a to tím způsobem, že software dokáže porovnat jednotlivé díly s díly z databáze a najít odlišnosti, které mohou závadu způsobovat.

Velké využití může mít tato technologie v automobilovém průmyslu. Porsche využívá během servisu ovšem spíše vzdálenou podporu specialistů, kteří mohou pomoci technikům při opravě vozu. Renault kontroluje motory svých vozů pomocí porovnávání originálních dílů s díly z databáze, ale činí tak většinou pouze při výrobě jako kontrolu kvalitu a kompletnosti motoru. [40] [49]

BMW už na počátku 21. století představilo BMW Autoservis pro rozšířenou realitu, ale jednalo se zde spíše o vizi. S pomocí brýlí pro rozšířenou realitu měl mechanik rychle a přesně lokalizovat problém. Pomoci mu v tom mělo zbarvení jednotlivých komponent – od zelené, která znamenala, že součást je v pořádku až po červenou, která značila poškozený díl.

Další možností je Microsoft HoloLens Car Repair – software, který dokáže uživateli pomoci s jednoduššími operacemi typu výměny kola apod. Mechanika vede jednotlivými operacemi výměny a přehledně zobrazuje potřebné informace.

Hyundai vyvinulo spíše manuál pro opravy v domácím prostředí. Pokud uživatel vozidla sám lokalizuje problém, je možné postupovat podle manuálu v rozšířené realitě a poškozenou část si vyměnit. Zapotřebí není žádný HMD, stačí obyčejný tablet. Tyto manuály pro rozšířenou realitu nejsou výjimkou, u ostatních výrobců se ale jedná spíše o manuály pro jednoduchou údržbu jako je výměna oleje nebo doplnění chladicí kapaliny. [60]

Thyssenkrupp je firma zabývající se mimo jiné i výrobou, údržbou a servisem výtahů. Jejich přes 24 000 techniků má možnost používat brýle HoloLens, vizualizovat a identifikovat problémy při práci, využívat vzdálenou podporu a mít aktuální manuály pro opravy neustále s sebou. Společnost sbírá data jako jsou teplota motoru, rychlost kabiny nebo fungování dveří. Veškeré informace jsou dostupné na virtuálním úložišti. Technici tak mají při každém výjezdu k dispozici historii výtahu a další diagnostické funkce. Samozřejmostí je také bohaté vizualizace dat v reálném čase. Díky používání rozšířené reality dokázala společnost výrazně zkrátit dobu servisu. [61]



Obr. 44) Vizualizace dat výtahové kabiny pomocí Microsoft HoloLens [61]

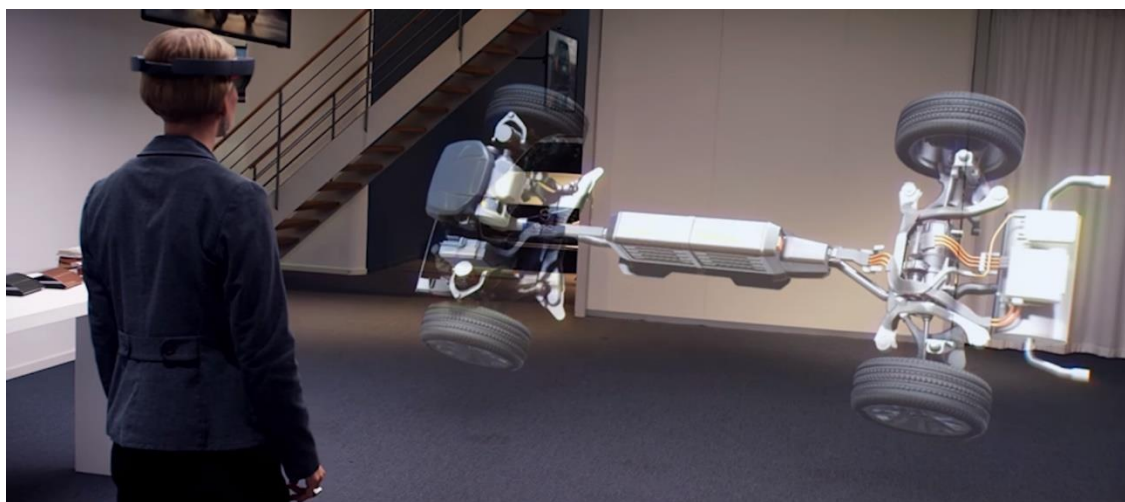
Velkou pomocí při servisu jsou také již zmiňované aplikace pro vzdálený přístup. Obyčejný člověk si nemusí volat například opraváře kávovaru až domů, ale lze využít funkce vzdálené podpory u jednoduchých aplikací jakou je například Vuforia Chalk. [52]

Využití virtuální reality při servisu se hodí spíše pro trénink a edukaci mechaniků. Jedná se o možnost vytvořit manuál nebo situaci, kde si daný opravář bude moci vyzkoušet jednotlivé operace servisu nejprve v prostředí imerzní VR. Další možností je pouhé sledování průběhu servisu, a to prakticky z jakékoliv pozice, takže si budoucí mechanik může prohlédnout prováděné operace z libovolného úhlu. [62]

3.12 Presentace a prodej produktu

Virtuální realita může být také ideálním nástrojem pro prezentaci produktu, který je teprve v návrhové části nebo je moc velký na to, aby si ho zákazník prohlédl ve skutečnosti například na strojírenském veletrhu. Další možností je také svůj produkt ozvláštnit a díky působivé prezentaci či reklamě zaujmout potenciální zákazníky.

Volvo umožňuje zákazníkům, aby si svůj budoucí nový vůz mohli prohlédnout pomocí rozšířené reality díky brýlím HoloLens od Microsoftu. Není tedy nutná přítomnost daného modelu vozu v požadované konfiguraci přímo na prodejně a jedná se i o lepší možnost, než aby se zákazník rozhodoval jen pomocí 2D obrázků. Pomocí rozšířené reality jsou dealeri schopni zákazníkovi ukázat všechny technologie vozu, automobil před nimi rozebrat, představit různé bezpečnostní senzory, jejich funkčnost a podobně. Zákazníci si také mohou vozidlo prohlédnout ze všech úhlů, prozkoumat vnitřek vozu a zjistit, jestli jim daná konfigurace vyhovuje. Pro Volvo jde ale také o velmi prestižní způsob, jak zákazníky zaujmout a dát jim najevo svoji technologickou převahu. Volvo byla vůbec první automobilka, která začala s Microsoftem spolupracovat. [63]



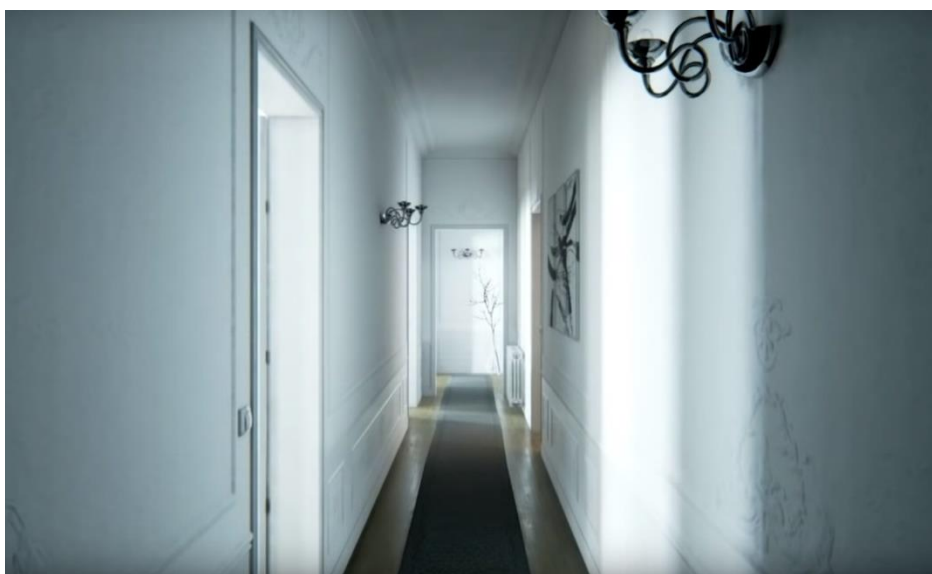
Obr. 45) Část vozu Volvo zobrazená pomocí rozšířené reality [63]

Mezi firmy umožňující svým zákazníkům prezentaci svých produktů ve virtuální realitě patří i PresentiGo a VR Space. Obě společnosti sází na to, že v dnešní době je reklama velmi důležitá věc. Proto může prezentace produktů ve VR přinést prodejcům kýženou výhodu. Je tedy nutné vytvořit interaktivní 3D model produktu, který si může potenciální zákazník ve virtuální realitě prohlédnout a ověřit si i jeho pokročilé funkce. Lze tak lépe vysvětlit i složité koncepty a zaujmout zákazníka.

Této možnosti využila například firma Linet, vyrábějící zdravotní multifunkční postele do nemocnic. Zjistili totiž, že vysvětlit všechna vylepšení jejich produktu je pomocí klasické prezentace téměř nemožné. Proto si nechali vytvořit 3D model jejich výrobku a na něm poté demonstrovali své nové technologie.

Další z mnoha zákazníků těchto společností specializujících se na prezentaci produktů je i firma MSV Metal, která je zaměřená na produkci komponent pro železniční přepravu. 3D model vagonu pomohl názorně ukázat jejich zákazníkům, kde všude se jejich díly používají.

Seznam firem využívající virtuální realitu k prezentaci svých produktů je velmi dlouhý, jako příklad uvedu Českou Poštu, Reinvest, Moravostav Brno nebo Rýmařovské domy. [64] [65]



Obr. 46) *Interiér domu zobrazený pomocí virtuální reality* [65]

Právě při prezentaci nemovitostí je virtuální realita neocenitelným pomocníkem. Umožňuje potenciálním kupcům si svůj budoucí dům prohlédnout a rozhodnout se pro případné změny ještě před stavbou. Je ale potřeba stavbu přesně namodelovat, a to včetně osvětlení interiéru a použitých materiálů. Skanska, jako první developer v Čechách, začala využívat VR v nabídce komerčních budov a nových bytů. Virtuální realita sehrává pro developery důležitou roli především při zahájení prodeje či pronájmu prostor před samým dokončením projektu. Virtuální realita zobrazuje 3D model prostoru v jeho reálném měřítku. Pokročilá technologie zároveň snímá pohyb po prostoru. Jedná se o efektivnější nástroj prezentace, než dosud nabízely 2D/3D počítačové vizualizace. Podle ředitele prodeje a zákaznické péče, Lukáše Maděry, přináší virtuální realita nejen netradiční zážitek, ale díky lepší představě prostorů usnadňuje klientovi rozhodování o výběru vhodného bytu i jeho vybavení. Zákazník si může díky ovladači měnit standardy, tedy dekor podlah, obkladů, dlaždic a dveří. Zároveň vidí reálné výhledy z právě prohlíženého bytu, což prohlídku činí ještě autentičtější. [66]

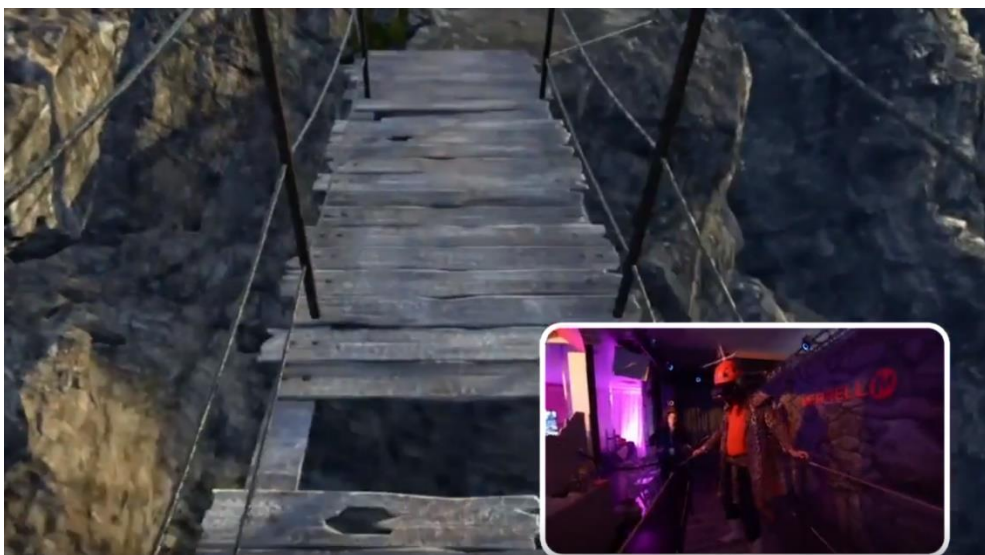
Mobilní operátor T-Mobile začal testovat prezentaci produktů ve virtuální realitě. V pilotní prodejně na pražských Roztylech vybudoval zónu virtuální reality, kde si mohou zákazníci v prostředí domácnosti vyzkoušet hned několik produktů a služeb. Základem zóny virtuální reality jsou brýle pro virtuální realitu – Samsung Gear VR se Samsung Galaxy S9+. Virtuální realita přiblíží službu Magenta 1, která nabízí spojení mobilních a pevných služeb pod jednu smlouvu. Blíže se bude možné seznámit s nabídkou televize a internetu, u kterého

operátor navíc ukazuje možné způsoby připojení, či se zařízením Chytré auto, jenž přináší okamžité informace o stavu vozidla, mapuje aktuální jízdní vlastnosti i lokalizaci auta. [67]

Zážitek zprostředkovaný virtuální realitou vykazuje vyšší zapamatovatelnost. Samotné médium přitahuje pozornost a při správně navržené promo akci může zájem marketingovou komunikaci dokonce výrazně převyšovat časové možnosti akce.

Virtuální realita také otvírá zcela nové možnosti, jak poutavě komunikovat se svými zákazníky. Prostor pro kreativitu je zde násobně širší než v tradičním videu nebo v internetové reklamě.

Mezi nejzdařilejší využití VR bezesporu patří virtuální zážitek TrailSpace výrobce trekingové obuvi Merell. Zákazník si může boty vyzkoušet doslova v extrémních podmínkách drsných hor. Milovníci vysokohorské turistiky zažijí třeba přechod přes nebezpečnou lávku či traverzování nad propastí. Aby byl zážitek co nejrealističtější, je na zákazníky pouštěn větrákem vítr, skála, které se přidrží ve virtuální realitě je na stejném místě i ve skutečnosti a pod sebou cítí úzkou lávku.



Obr. 47) *Virtuální realita dokreslená pomocí reálných kulis* [68]

Zajímavým způsobem propojil americký řetězec Lowe's edukaci zákazníků s budováním značky. V rámci svých hobbymarketů vyčlenil malou zónu pro virtuální realitu. Zde mohou zákazníci vyzkoušet například jak si svépomocí obložit koupelnu dlažbou. Pro tuto prezentaci byly použity brýle HTC Vive s ovladačem HTC Controller. [68]

4 VYUŽITÍ HEAD – MOUNTED DISPLEJŮ V JINÝCH OBLASTECH

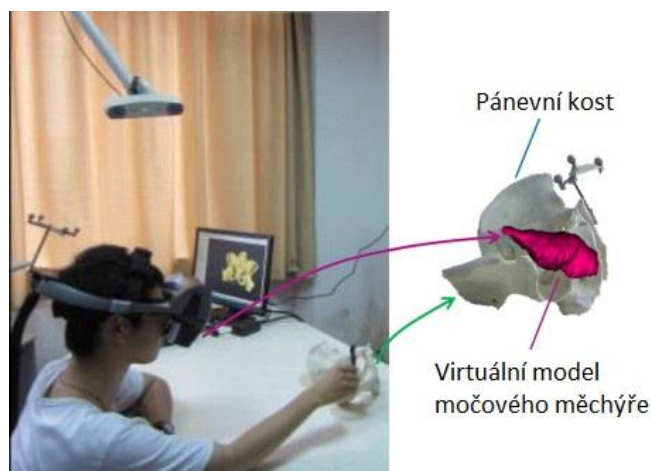
V předchozí kapitole jsme se věnovali použití head – mounted displejů, virtuální a rozšířené reality v průmyslu během celého procesu vzniku, výroby, kontroly a prodeje produktu. Pro doplnění souvislostí jsem se rozhodl do mé bakalářské práce zařadit ještě kapitolu o využití těchto technologií mimo průmysl. Spektrum použití je velice rozlehlé, z tohoto důvodu jsem se zaměřil na hlavní směry, a nebo zajímavosti stojící za zmínku.

Chtěl bych blíže zmínit využití VR a AR v lékařství, rehabilitaci, léčbě fobií a zdravotnictví celkově, poté v armádě, jejím výcviku a bojovém použití, následně ve vzdělávání a jako poslední příklad bude herní průmysl.

4.1 Zdravotnictví

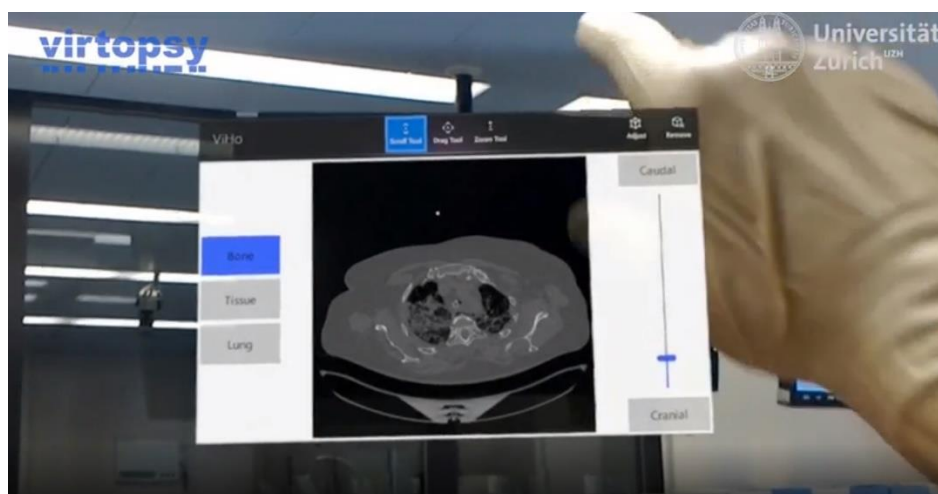
Jako první způsob implementace rozšířené reality do zdravotnictví bych zmínil vývoj a použití chirurgického navigačního systému. Ten slouží k minimalizaci rizik a zlepšení přesnosti operace při použití techniky tzv. minimálně invazivní chirurgie. Jedná se o způsob operace, při které se používá jeden menší řez (typicky se jedná o polovinu délky tradičního řezu) nebo přístup, který nezahrnuje řezání šlachy nebo rozdělení svalů. Pro provedení této operace je ale nutnost znát rozmístění měkkých tkání (nebo mít vypracovanou chirurgickou navigaci) v oblasti operované části těla a je zde tedy velký potenciál pro použití rozšířené reality. Při použití HMD jsou v rozšířené realitě vizualizovány anatomické struktury jako jsou měkké tkáně, krevní cévy, nervy a další životně důležité orgány, které se chirurg snaží při operaci nepoškodit. Virtuální modely se musí přesně zarovnat s tělem pacienta, aby nedocházelo k jejich posunutí vzhledem k reálným anatomickým strukturám. Toho je docíleno pomocí rentgenového C-ramenného systému vybaveného videokamerou, který pacienta snímá. Je také nutné zkalibrovat chirurgické nástroje, aby se v AR správně zobrazovaly jejich rozměry a nedocházelo k chybám. Experiment ověřování přesnosti prokázal, že střední vzdálenost chyby a úhlové chyby byly $0,809 \pm 0,05$ mm a $1,038^\circ \pm 0,05^\circ$, což bylo dostatečné pro splnění klinických požadavků. Výhodou tohoto způsobu chirurgické navigace narozdíl od klasické metody, při které se navádění provádí na monitoru počítače, je možnost mít důležité informace neustále před očima a tím pádem odpadající nutnost přerušovat operaci a nahlížet do monitoru počítače.

Nejdůležitější a nejsložitější na této technologii je přesné zarovnání reálných a virtuálních souřadnicových os a správné nakonfigurování a zkalibrování chirurgických nástrojů. I z těchto důvodů se operace s technologií AR zatím provádí a zkouší pouze při pitvách nebo na modelech, avšak nachází se zde velký potenciál pro budoucí použití. [69]



Obr. 48) *Chirurgický navigační systém pomocí virtuální reality [69]*

V Curyšském institutu soudního lékařství má významnou úlohu postmortální počítačová tomografie. Každé mrtvé tělo, které je do tohoto ústavu přijato k pitvě podstoupí skenování v tomografu. Tyto snímky jsou analyzovány soudním radiologem a nálezy jsou projednávány se soudním patologem, který má ten konkrétní případ na starost. Tento postup se používá k dokumentování interní patologie, k lokalizaci cizích těles v tělech, a nebo k úpravě pitevního postupu za účelem přístupu a uchování relevantních nálezů. Během pitvy je přístup k post-mortem datům důležitý pro lokalizaci nálezů na snímcích z tomografu nebo magnetické rezonance. Tento obrazový přístup je obvykle poskytován pomocí standartního počítače s pracovní stanicí pro archivaci a komunikaci obrazu a ovládáním pomocí myši a klávesnice. S tím se pojí vícero problémů. Pro přístup k počítači musí patolog přerušit pitvu a kvůli možné kontaminaci musí před použitím myši a klávesnice sejmout chirurgické rukavice. Některé systémy sice umožňují bezdotykové ovládání počítače pomocí gest, ale to nijak neřeší problém s přerušением pitvy. Kromě toho musí být snímač gest, jako je například Leap Motion, umístěn v potenciálně kontaminujícím prostředí.



Obr. 49) *Prostředí rozšířené reality při zobrazování pitevních informací [70]*

Tento problém řeší současné použití rozšířené reality a bezkontaktního ovládání gesty. Rozšířená realita překrývá reálný svět s počítačem generovanými obrazy a vkládá další informace do zorného pole uživatele. Jako vhodné se pro tento postup ukázaly být brýle HoloLens, které ovšem musely být překryty obličejovým štítem kvůli možné kontaminaci. Nahrávání snímků z tomografu do systému brýlí bylo rychlé a jednoduché. Patolog absolvoval před samotným použitím brýlí pro rozšířenou realitu jen krátké školení a odezva po používání byla pozitivní. Jako hlavní výhoda byla zmíněna možnost umístit si okno aplikace se snímky kamkoliv do místnosti, aby patologovi nepřekážely, a přesto byly snadno přístupné. Nevýhoda byla podle uživatelů zaostávající grafická vizualizace snímků. Toto bylo způsobeno použitím starší verze brýlí HoloLens, aplikací s horší kvalitou nebo kombinací obou aspektů. [70]

Tým z Oxfordské univerzity zkoumal využití virtuální reality pro léčbu fobie z výšek. Studii uskutečnili na stovce dobrovolníků a došli k závěru, že digitální stimulace může pomoci lidem překonat jejich chorobné strachy. Podle zakladatele projektu, profesora klinické psychologie Daniela Freemana, ke změně chování dochází u některých lidí už po dvou hodinách terapie. Tito lidé jsou schopní toho, co nikdy nedokázali, například vyjít na vysoká místa nebo se podívat z výšky dolů i v reálném světě. To, jak rychle lidé léčbou postupovali, bylo podle tvůrců studie individuální. Některým lidem trvalo déle, než celým programem prošli. Museli některá konkrétní cvičení opakovat, aby se svého strachu zbavili. Podle Polly Haseltonové, manažerky pro oblast klinické spolupráce z Oxford VR, je účelem programu pouze to, aby lidé měli z výšek pozitivní zážitky a vytvářeli si příjemné vzpomínky. [71]

Jako zajímavost bych na konec této kapitoly zmínil produkt se jménem ICAROS. Jedná se o domácího trenéra nebo pomůcku k rehabilitaci, která umožňuje uživatelům prostřednictvím virtuální reality létat nebo se potápět a zlepšovat tak svojí fyzickou kondici, popř. zapojovat poraněné končetiny a urychlovat tak jejich plnohodnotné zapojení. Podle svého výrobce se jedná o ideální přístup pro trénování různých svalových skupin se zaměřením na horní část a střed těla a zároveň pomáhá zlepšovat reflexy, rovnováhu a koordinaci. Uživatel si může zvolit intenzitu cvičení, scénář virtuální reality a nastavení stroje. Odrazující je pouze cena, jelikož za nejjednodušší základní verzi s ovladačem je uživatel nucen zaplatit 2680 Euro, což činí v přepočtu zhruba 70 000 Korun. Podotýkám, že se jedná o cenu bez brýlí pro virtuální realitu. Výrobce se tak snaží cílit spíše na fyzioterapeutické kliniky než na domácnosti. [72]



Obr. 50) *Trenažér ICAROS* [72]

4.2 Armáda

V armádě byla virtuální a rozšířená realita do této doby testována a používána jen pro výcvikové účely. Cílem je snížit náklady a simulovat co nejvěrněji složité a nebezpečné situace, kterým může být voják vystaven. Dalším důvodem může být šetření vojenské techniky a výstroje, protože každá komponenta má pouze omezenou životnost. Jako poslední důvod používání simulátorů při výcviku bych uvedl eliminaci chyby lidského faktoru, která může způsobit jak materiální ztráty, tak i ohrožení lidského života.

Česká pobočka švédského výrobce letadel a zbraní Saab Czech představila v roce 2016 simulátor střelby z ručních zbraní. Voják si může vyzkoušet střelbu z pistole, kulometu nebo útočné pušky v různých situacích, které jsou před ním promítány na projekční plátno. Simulátor dokáže napodobit střelbu velice věrně, a to i včetně zpětného rázu. Toho je docíleno díky stlačenému plynu, který dokáže rozpohybovat závěr zbraně. Zaměřování je prováděno díky vysokorychlostním kamerám, které snímají ústní hlavně a zaznamenávají paprsky alias rány z pušek. Tyto informace jsou následně vráceny do počítače, který vyhodnocuje, kam která zbraň míří a střelí. Systém zároveň ví, co se se zbraní děje, a to včetně počtu nábojů v zásobníku nebo možnosti simulovat závadu na zbraní. Výhodou tohoto simulátoru je možnost propojení více vojáků do jednoho scénáře, takže je možné simulovat výcvik celých družstev nebo čet. [73]



Obr. 51) *Simulátor střelby z ručních zbraní [73]*

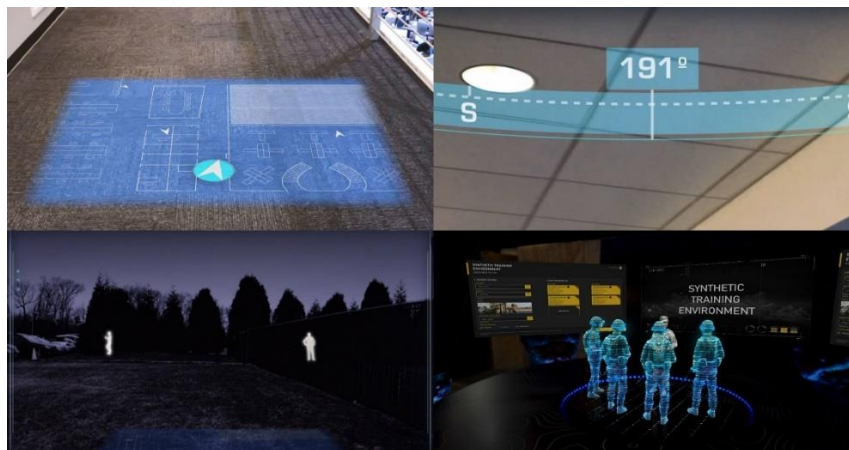
Podobnou technologii používá i americké námořnictvo. Jedná se o výcvikový systém pro malé pěší jednotky zvaný AITT (Augmented Immersive Team Trainer), který využívá prvky rozšířené reality. Dokáže tedy zasazovat počítačem generované objekty do reálného prostředí. Voják má nasazeny brýle Google Glass, díky kterým může tyto objekty pozorovat. Výhodou je možnost výcvik ozvláštnit a také vyzkoušet si různé výcvikové scénáře. Do scénáře je možné přidat nástražné systémy, libovolný počet nepřátel, jejich techniku nebo zbraňové systémy.

Každý voják a zbraň má vlastní pohybový a směrový senzor. Řídící systém AITT tedy ví, kam voják jde, kde se nachází a kam míří jeho zbraň. Problémem z počátku vývoje bylo, že systém fungoval jen tehdy, pokud se voják pohyboval a otáčel pomalu, protože senzory nestíhaly rychlejší pohyby zaregistrovat. To ale bylo vyřešeno brýlemi nové generace a americká armáda očekává dokončení a ostré nasazení tohoto simulátoru do konce roku 2025. [74]



Obr. 52) Podoba rozšířené reality programu AITT z roku 2012 [74]

Americká armáda se rozhodla používat brýle pro rozšířenou realitu HoloLens 2 ve skutečném boji. U Microsoftu si objednala 100 000 kusů těchto HMD, což z ní dělá největšího zákazníka této společnosti vyrábějící brýle pro rozšířenou realitu. Do této doby se Microsoftu podařilo prodat pouze 50 000 kusů brýlí HoloLens první generace, ta druhá je zatím pouze v předprodeji. Podle nové doktríny americké armády by měla pěchota zvýšit svou schopnost ničit nepřátelské cíle a tomu má pomoci i rozšířená realita. Vojáci tak dostanou do zorného pole důležité informace typu kde se sami nachází, kde se nachází jejich kolegové, kde je nepřítel a jaký mají úkol. Další výhodou je vylepšená technologie nočního vidění v kombinaci s tepelným senzorem od společnosti Flir. Díky tomu se člověk v noci obarví například na bílo, aby jeho silueta vynikla ze tmy. Rozšířená realita umožňuje si zobrazit například i mapu terénu, díky které se voják může lépe orientovat. Další výhodou této virtuální mapy je možnost rychleji plánovat bojové operace. V dnešní době se totiž stále používají polní plastické mapy, tedy mapy vytvořené pomocí přírodních surovin přímo během vojenské operace, což podstatně zpomaluje její provedení.



Obr. 53) Vizualizace softwaru pro americkou armádu [75]

Problémem podle mého názoru je kapacita akumulátorů brýlí HoloLens, protože jejich výdrž se pohybuje v rámci hodin, zatímco bojové operace typu komando trvají i několik dní. Dalším problémem spojeným s touto akvizicí je petice podaná zaměstnanci společnosti Microsoft, protože podle jejich etického kodexu je nepřípustné, aby byly tyto brýle použity v boji. [75]

4.3 Vzdělávání

Nejsilnějším argumentem, že může virtuální realita přispět ke vzdělávání je fakt, že lidský mozek si pamatuje 10% toho, co čte, 20% toho, co slyší a 90% toho, co dělá. Je to tedy jeden z nejjednodušších způsobů, jak žákům vysvětlit fungování určitých principů a dosáhnout tak lepšího pochopení vzdělávacích materiálů ze strany studentů.

V průzkumu společnosti Samsung pro Spojené státy pouze 2% učitelů uvedla, že mají zkušenosti s použitím virtuální reality při vyučování, ale 60% z nich má zájem o její implementaci do výuky. Podle většiny učitelů by její zapojení do vzdělávacího programu přineslo lepší pochopení konceptu učení, větší spolupráci žáků, a i vyšší motivaci v oblasti vzdělávání celé třídy.

Podle průzkumu jsou věda, sociální studie a historie nejlepšími třemi předměty, ve kterých mohou učitelé z použití virtuální reality nejvíce těžit. Většina učitelů se také domnívá, že by mohli VR používat jako doplnění kurikula jejich předmětu, aby pomohli studentům lépe pochopit koncepty kurzů, například sledováním filmu pro doplnění souvislostí nebo prohlížením chemické reakce. Další možností, jak zlepšit výuku je simulování zážitků a informací, které jsou relevantní pro obsah kurzu. Jako příklad uvedli let bratří Wrightů nebo princip obchodování s akciemi na burze. Velice zajímavou oblastí je také virtuální cestování do vzdálených míst nebo na místa slavných památek, popřípadě do jinak nepřístupných míst, jako je vesmír nebo kráter sopky. [76]

Společnosti jako Unimersiv nebo ClassVR nabízejí obsah pro vzdělávání studentů. Spektrum je opravdu široké, od cest do pravěku, přes prozkoumávání lidského mozku až po například prohlídku Titaniku. Na druhou stranu prvně jmenovaná společnost nenabízí tolik obsahu, aby mohla být prováděna pouze výuka ve virtuální realitě, jednalo by se spíše jen o ozvláštnění kurzu. [77]

ClassVR pojímá vzdělávání více komplexně. Učitelům nabízí přes 500 vytvořených lekcí, a navíc jim dává možnost, aby si sami vytvářeli další. Mohou je také mezi sebou sdílet a upravovat, čímž se počet modifikací ještě zvyšuje. Tato společnost nabízí také k virtuálním lekcím tištěné pracovní listy, do kterých žáci zaznamenávají nabyté informace. Dodávají také celý software pro učitele, díky kterému mohou své žáky lépe kontrolovat a nebo jim uzamknout jejich HMD pouze pro jednu konkrétní lekci. Učitel dále vidí, kam se konkrétní žák dívá a může podle toho upravovat pokyny. Dále je možnost na obrazovku umisťovat body zájmu, aby student věděl, na co se má konkrétně soustředit. To samozřejmě v reálném čase. Jako velkou výhodu učitelé uvádějí, že každý žák může procházet lekcí vlastním tempem a soustředit se na to, co jeho samotného nejvíce zajímá. Software společnosti se také liší podle věkové skupiny žáků. Nabízí programy zvlášť pro základní, střední a vysoké školy. Tyto programy se samozřejmě liší svým zaměřením a odborností.

Ovládání headsetu je jednoduché a intuitivní, žáci používají jednoduchá gesta jako je naklánění hlavy, zvednutí palce nebo zatřesení hlavy. Gesta hlavy jsou snímána senzory v HMD, gesta rukou sleduje kamera zabudovaná v čelní straně brýlí. Headset samotný je

bezdrátový s poměrně velkou baterií, takže by neměl mít problém vydržet celý vyučovací den. Výrobce dále uvádí, že se jedná o 5,5 palcový displej s rozlišením 2560 x 1440 bodů. Snímkovací frekvence je 70 Hz a váha jednoho headsetu je 400 gramů, což podle mého názoru není na celodenní nošení pro malé dítě ideální. [78]

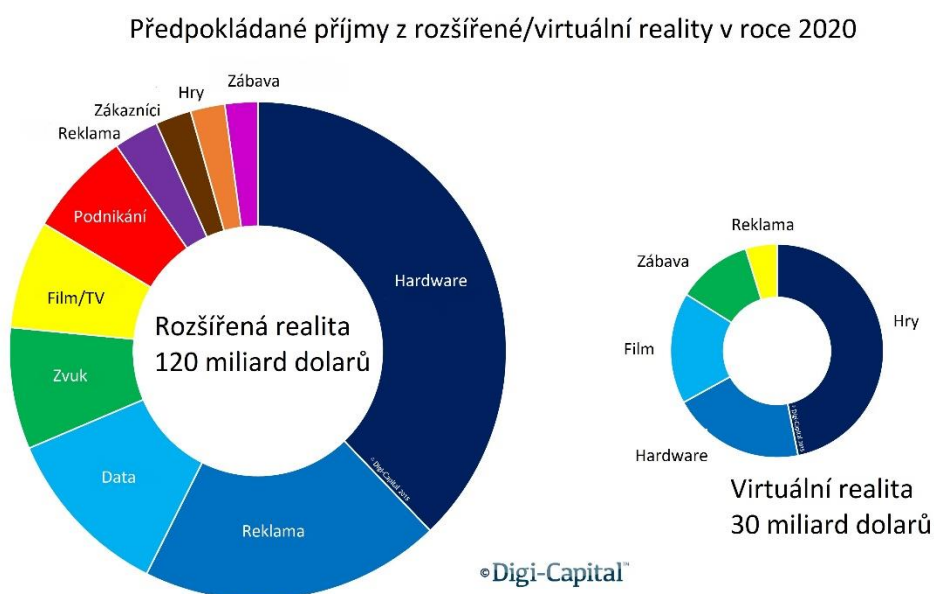


Obr. 54) Virtuální model lebky, se kterým může žák libovolně manipulovat [78]

4.4 Herní průmysl a zábava

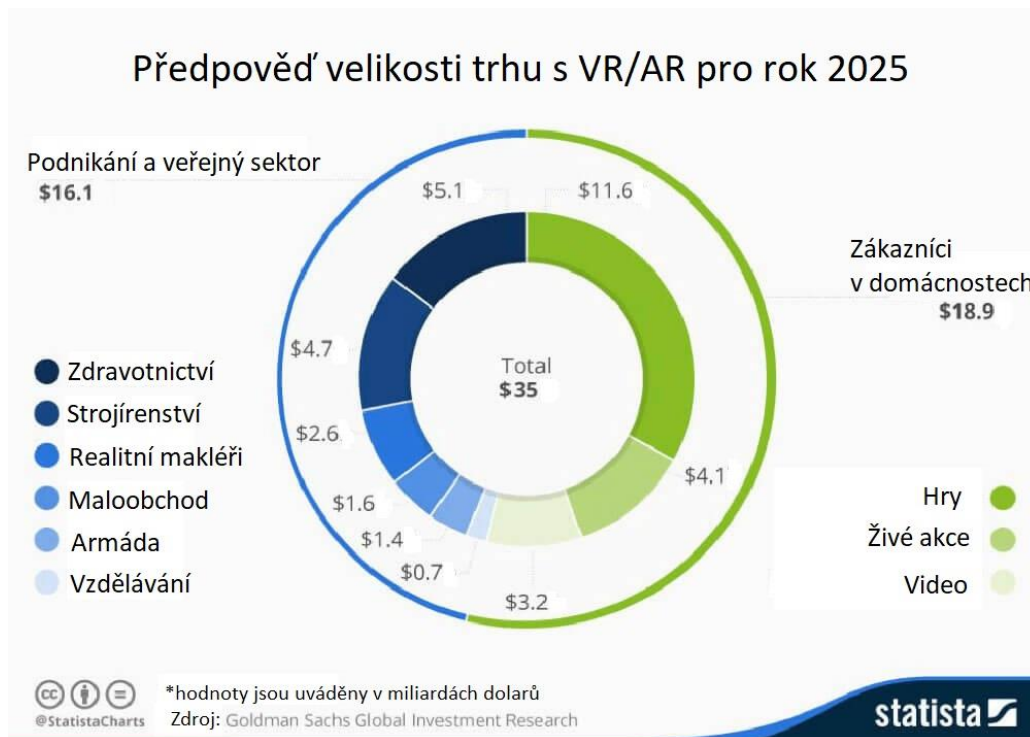
Podle průzkumu z roku 2018 prováděného firmou VRDC se 78% z více než 600 dotázaných vývojářů obsahu pro virtuální a rozšířenou realitu soustředí na herní nebo zábavní průmysl. Následuje vzdělávání nebo edukace zaměstnanců s 27%. Na průmyslové aplikace se jako na svůj hlavní cíl soustředí pouze 15% dotázaných. [79]

V roce 2015 prognóza pro rok 2020 očekávala, že na trhu s virtuální realitou v hodnotě 30 miliard dolarů budou mít hry podíl kolem 50% a filmy kolem 20%. Trh s rozšířenou realitou bude mít odhadovanou velikost 120 miliard dolarů, ovšem hry zde budou činit pouze zanedbatelnou část. [80]



Obr. 55) Předpokládané příjmy z rozšířené/virtuální reality v roce 2020 [80]

Podle jiné statistiky dosáhne v roce 2025 trh softwarem pro VR a AR hodnoty 35 miliard dolarů. Hry na něm budou mít podíl přes 33%, naopak strojírenství pouhých 14,4%. [81]



Obr. 56) Předpověď trhu s VR/AR pro rok 2025 [81]

Hry pro virtuální realitu mají velký úspěch kvůli imerzi, kterou svým uživatelům nabízejí. Dále je velice přitažlivá vysoká úroveň interakce nových her a hráče přitahuje především herní obsah, který je rok od roku bohatší. Výhodou pro prodejce her při prezentaci svých produktů je i zvyšující se kvalita HMD, které dokáží zobrazovat jejich software kvalitněji, jsou lehčí a mnohdy i bezdrátové, což hráčů umožňuje lepší svobodu pohybu. Další možností jsou levné a ne tolik výkonné headsety pro mobilní telefony, například Samsung Gear VR. Novinky poslední doby jsou haptické obleky, které dokáží svému uživateli dávat zpětnou vazbu i ohledně hmatu, váhy, nárazu nebo teploty, což by můžou ocenit hlavně hráči stříleček.

Většina počítačových her může být transformována do virtuální reality a nabídnout tak úplně nový zážitek. Jedna z nejznámějších her, které se to povedlo, je The Elder Scroll V: Skyrim, jejíž počítačovou verzi znají miliony hráčů po celém světě.

Hry ve virtuální realitě se dělí na základní typy a od každého typu hráči očekávají odlišný zážitek.

Ve střílečkách z pohledu první osoby hráči zažívají přítomnost na bojišti s odpovídajícím zvukovým a vizuálním doprovodem, jako jsou létající kulky, výbuchy a podobně. Největší problém u tohoto typu her je omezená svoboda pohybu, pokud uživatel vlastní HMD s kabeláží.

Dalším typem jsou VR závodní hry, kde naopak svoboda pohybu není vyžadována. Tyto hry mají obvykle vyspěle grafiku a hráči očekávají hmatovou zpětnou vazbu při dotyku interiéru vozu.

Oblíbeným typem jsou také hororové hry, které jsou děsivější a realističtější než varianta pro počítač. Vhodné pro tyto hry je prostorové audio, které lépe vykresluje děsivou atmosféru a také možnost volného pohybu hráče, pokud plní mise plné plížení.

Hazardní hry nikdy netrpěly nedostatkem hráčů a VR je do virtuálního kasina láká ještě více. Možnosti jsou opravdu široké, od hracích automatů nebo rulety až po poker. Některé aplikace dokonce umožňují i interakci mezi online hráči.

Zábavní průmysl nabízí zatím asi největší obsah pro uživatele virtuální reality. Mezi hlavní prodejce obsahu patří PlayStation, SteamVR nebo Samsung, na jejichž stránkách se nachází tisíce her, aplikací nebo filmů. [82]

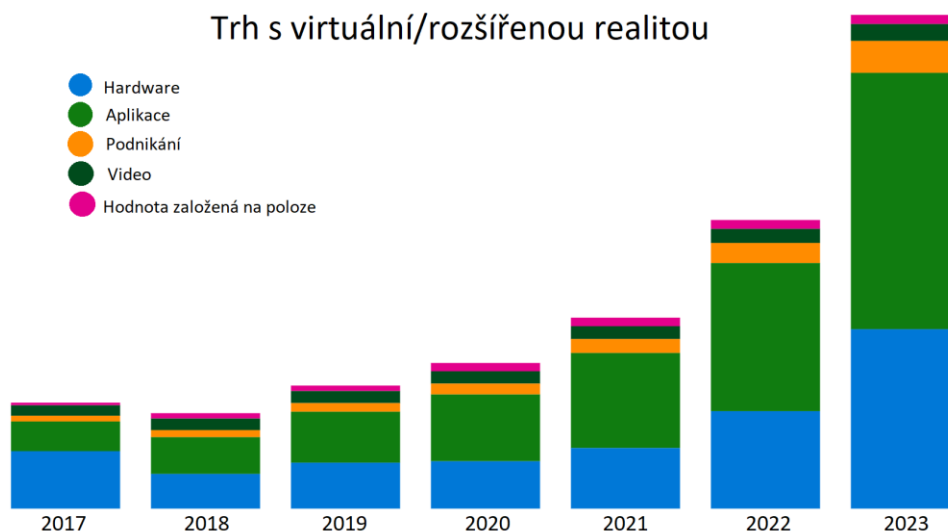
5 BUDOUCNOST POUŽITÍ HEAD – MOUNTED DISPLEJŮ

První brýle pro virtuální a rozšířenou realitu se na trhu objevily v roce 2016. Prognózy té doby předpovídaly této technologii neskutečný růst a skoro se zdálo, že se vyplní sci-fi představy a za pár let se bude jednat o naprostý standard. O tři roky později se firmy předhánějí v různých studiích a vizích, kde všude by mohly technologii VR a AR používat, ale až na výjimky to nedělají. Jedním z důvodů je risk malé návratnosti této investice a pro malé firmy je téměř jistota, že se jim nevyplatí tuto technologii kupovat. To samé platí i pro uživatele v domácnostech, málokdo si pořídí HMD aby na něm hrál doma hry. Playstation VR, který patří mezi nejpoužívanější herní headsety, od roku 2016 do dnešního dne prodal celosvětově kolem 4,2 milionu kusů, což není nikterak vysoké číslo. Jako největší problém bych pro uživatele hledající ve VR zábavu viděl nedostatek kvalitního obsahu, jelikož jsou pro virtuální realitu vyvíjeny hry, které se svým obsahem, příběhem a zpracováním nemohou se standardními hrami pro PC nebo Playstation rovnat. Nabízí sice nový zážitek, ale většina hráčů sáhne konzervativněji po známém titulu a virtuální realitu si jde jen vyzkoušet do půjčovny headsetů.

V případě průmyslového využití je největší problém v ochotě firem se vydat novým směrem a implementovat tuto technologii do výrobního procesu i za cenu vyšších pořizovacích investic. I proto vidím jako jeden z největších potenciálů v softwaru pro brýle HoloLens od Microsoftu, avšak ten si mohou dovolit jen velké koncerny, jelikož se jedná o velkou investici.

Pro malé firmy a uživatele v domácnostech vidím největší budoucnost v použití levnějších variant HMD, pro virtuální realitu tedy jakýchsi držáků pro mobilní telefony a pro realitu rozšířenou v tabletech. Výkon těchto zařízení poslední roky strmě stoupá, a i podpora aplikací je lepší. Nemůžeme je sice srovnávat s profesionálními headsety, ale tato varianta nabízí přiměřený kompromis mezi výkonem a cenou.

Dalším zajímavým tématem je přechod z takzvané virtuální reality 1.0 na VR 2.0. V roce 2016 byly prognózy ohledně prodeje headsetů a softwaru velice optimistické a počítaly se strmým růstem, ovšem ukázalo se, že již v roce 2018 došlo k mírnému propadu.



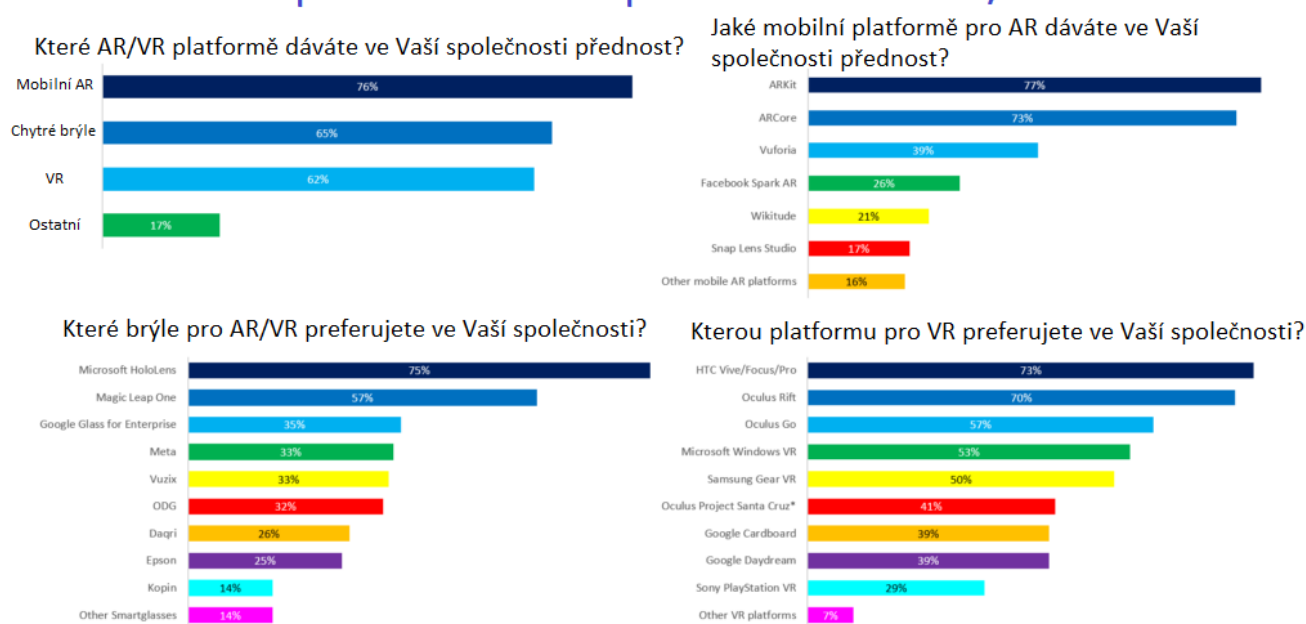
Obr. 57) Trh s virtuální/rozšířenou realitou a jeho prognóza do roku 2023 [83]

Aby došlo k onomu posunu do virtuální nebo rozšířené reality další generace, musí být splněny určité podmínky. Jednu z nich jsem už zmínil – musí existovat pomocí smartphonů a tabletů možnost, jak se vyhnout drahým headsetům. Pro průmyslové využití musí být dosaženo vysoké návratnosti investic. Pro spotřebitele to znamená aplikace, které nabízejí víc než jen „wow efekt“, tedy nadšení z toho, že se nachází ve virtuální realitě, ale musí se jednat o opravdu každodenně využitelné aplikace. Jako správná cesta se ukazuje nevytváření aplikací nových, ale transformování používaných aplikací na jejich VR variantu. Zde se objevuje vyšší využití a tím pádem jsou komerčně úspěšnější. Jako příklad bych uvedl navigaci od Google Maps, dále obchody Amazon, Walmart nebo Alibaba a také Facebook se svým Spark AR, tedy možností ozvláštnit komunikaci například v aplikaci Messenger pomocí rozšířené reality.

Ve „verzi“ VR 1.0 se také dost často objevovalo a stále objevuje mnoho pilotních projektů nebo mnou zmiňovaných vizí, avšak málo z nich je realizováno anebo realizováno alespoň v takové míře, v jaké vize nebo pilotní projekt sliboval.

V dnešní době dochází k velké fragmentaci napříč trhem s hardwarem i softwarem. Věc, která by mohla posunout technologii VR a AR kupředu, je menší počet výrobců a vývojářů a vznik dominantních hráčů na tomto poli, kteří by se koncentrovali pouze na virtuální a rozšířenou realitu.

Které platformě dává přednost trh s VR/AR?



Digi-Capital

Obr. 58) Graf ukazující největší a nejpoužívanější platformy pro VR/AR [84]

Trh s virtuální realitou tedy čeká na pomyslný moment zlomu, kdy konečně dojde k prudkému růstu. Mnozí to popisují jako „iPhone moment“, tedy kdy se představí hlavní nový faktor a ukáže směr ostatním produktům na dlouhé období dopředu. Podle realisticky optimistické prognózy, která nahradilo původní pouze optimistickou, by k němu mohlo dojít během roku 2020. Podle průzkumu se 80% lidí ještě nikdy osobně nesetkalo s virtuální realitou, avšak 60% dotázaných o ní slyšelo a má o ní zájem. Aby se z VR a AR stala masová záležitost tak je nutné tyto technologie co nejvíce implementovat do života lidí a díky tomu se možná v budoucnu dočkáme i širšího použití v průmyslu. [83] [85] [84]

6 ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se zabýval použitím Head-mounted displejů v průmyslu. Nejprve jsem popsal historii virtuální a rozšířené reality, dále jsem popsal headset a komponenty, z nichž se skládá, zmapoval jsem použití HMD v různých společnostech a hlavní část své práce jsem rozdělil podle fází modelování, vývoje, výroby, kontroly kvality, servisu a prodeje produktu. Dále jsem pokusil naznačit možnosti použití technologií virtuální a rozšířené reality v budoucnu.

Došel jsem k závěru, že tyto technologie dokáží při správném použití vykazovat vysokou návratnost investic, zmírnění nebo téměř úplnou eliminaci chyby lidského faktoru a také zkrácení a zefektivnění výroby. Navíc v mnoha případech není nutnost vlastnit plnohodnotný headset pro virtuální nebo rozšířenou realitu. Většina vývojářů softwaru a firem ale často představuje stále pouze vize, jak by se tyto technologie mohly využívat a k dotažení jejich nápadů brání často technologické a finanční překážky. Jako největší potenciál vidím ve využívání mobilních telefonů a tabletů jakožto zobrazovačů virtuální a rozšířené reality. Díky těmto zařízením se jeví jako nejvíc pravděpodobné masové rozšíření virtuální a rozšířené reality ve společnosti. Na stranu druhou, velkým firmám se ale zase vyplatí profesionální software například od firmy Microsoft nebo Vuzix, jehož pořízení je sice nákladné, ale uživatel může očekávat naprosto specializovaný a profesionální nástroj pro svoje podnikání.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] History of virtual reality. *Virtual reality society* [online]. b.r. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>
- [2] EDWARDS, Benj. 7 Forgotten Nintendo Virtual Boy Classics. *PC mag* [online]. 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.pcmag.com/feature/366223/7-forgotten-nintendo-virtual-boy-classics>
- [3] *Alza.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/gaming/oculus-rift-oculus-touch-d5104479.htm>
- [4] VEVERA, Pavel. Stručná historie VR: její vstup, pád a další vzestup. *CDR* [online]. 2016 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://cdr.cz/clanek/vzestup-pad-vzestup-ambiciozni-technologie-aneb-strucna-historie-vr/diskuseTechnologieHryT>
- [5] *Umart* [online]. b.r. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: https://www.umart.com.au/Google-Cardboard-Brown_35244G.html
- [6] KRATKY, Otto. Kingdom Come: Deliverance Review: 4.2.2019. *Sprites and Dice* [online]. 2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.spritesanddice.com/2019/02/kingdom-come-deliverance-review>
- [7] ROSS, Helen. VIRTUAL REALITY IS IN DESPERATE NEED OF REAL STORYTELLERS. *Literary Hub* [online]. 2016 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://lithub.com/virtual-reality-is-in-desperate-need-of-real-storytellers/>
- [8] KAPLAN, Jeremy a Tyler LACOMA. Microsoft unveils \$3,500 HoloLens 2 at MWC 2019. Here's what you need to know. *Digital trends* [online]. 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/computing/hololens-2-news-roundup/>
- [9] The Ultimate Guide to Understanding Virtual Reality (VR) Technology. *Reality* [online]. b.r. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.realitytechnologies.com/virtual-reality/>
- [10] OLŠAN, Jan. Oculus Go uveden. Mobilní autonomní brýle přináší virtuální realitu za nízkou cenu. *Cnews.cz* [online]. 2018 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/facebook-oculus-go-virtualni-realita-vydani>
- [11] VÁCLAVÍK, Lukáš. HTC udělalo velký skok pro lepší VR. Co přinesou brýle Cosmos a Vive Pro Eye?. *Cnews.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/htc-vive-pro-eye-cosmos>
- [12] BITANGA, Mike. Microsoft Hololens 2 Headset. *Hiconsumption* [online]. 2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://hiconsumption.com/2019/02/microsoft-hololens-2-headset/>

- [13] HRMA, Jiří. Recenze Samsung Gear VR: vstupenka do světa virtuální reality. *Smartmania* [online]. 2017 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://smartmania.cz/recenze-samsung-gear-vr-vstupenka-sveta-virtualni-reality/>
- [14] HEGEMAN, Kimberly. Can Virtual Reality Make Construction Safer?. *Forconstructionpros* [online]. 2018 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.forconstructionpros.com/business/construction-safety/blog/21000365/can-virtual-reality-make-construction-safer>
- [15] ZHANG, Hui. Head-mounted display-based intuitive virtual reality training system for the mining industry. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2017, **27**(4), 717-722. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2017.05.005>. ISSN 2095-2686. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095268617303439>
- [16] Human Condition Safety Brings The SafeScan™ Virtual Reality Training To Leading Engineering And Construction Firm, Bechtel. *PR Newswire* [online]. New York, 2016 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.prnewswire.com/news-releases/human-condition-safety-brings-the-safescan-virtual-reality-training-to-leading-engineering-and-construction-firm-bechtel-300329560.html>
- [17] DITCH WITCH INTRODUCES INDUSTRY-FIRST HDD VIRTUAL REALITY SIMULATOR. *Ditch Witch* [online]. 2018 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://www.ditchwitch.com/press-releases/ditch-witch-introduces-industry-first-hdd-virtual-reality-simulator>
- [18] Techsoft. *Techsoft-eng* [online]. b.r. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.techsoft-eng.cz/sluzby-jak-optimalizovat-naklady/>
- [19] JUN, Lukáš. *VYUŽITÍ VIRTUÁLNÍ REALITY V PROJEKCI A KONSTRUKCI VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY* [online]. Brno, 2017 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=149602. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
- [20] NOVOTNÝ, Tomáš. *VYUŽITÍ TECHNOLOGIE VIRTUÁLNÍ REALITY V ANALÝZE RIZIK A BEZPEČNOSTI VÝROBNÍCH STROJŮ* [online]. Brno, 2013 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=62617. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Dr. Ing. Radek Knoflíček.
- [21] KRYNYCKÁ, Alena. Virtuální reality přináší správná rozhodnutí. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2013, **2013**(11), 62 [cit. 2019-03-22]. DOI: 131145. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/virtualni-realita-prinasi-spravna-rozhodnuti.html>
- [22] PALADINO, Tommy. Microsoft & Ford Demonstrate AR's Potential for Innovation in Enterprises. *Next reality* [online]. 2017 [cit. 2019-03-22]. Dostupné

- z: <https://next.reality.news/news/microsoft-ford-demonstrate-ars-potential-for-innovation-enterprises-0180265/>
- [23] Škoda Auto. *Skoda-kariera* [online]. b.r. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.skoda-kariera.cz/blog/2018-01-12-virtualni-realita-je-ve-skodovce-jiz-realita>
- [24] GOMES DE SÁ, Antonino a Gabriel ZACHMANN. Virtual reality as a tool for verification of assembly and maintenance processes. *Computers & Graphics*. 1999, **23**(3), 389-403. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0097-8493\(99\)00047-3](https://doi.org/10.1016/S0097-8493(99)00047-3). ISSN 0097-8493. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0097849399000473>
- [25] TŮMA, Zdeněk. *VERIFIKACE STAVU REÁLNÉ VÝROBNÍ LINKY POMOCÍ VIRTUÁLNÍ REALITY*. Brno, 2014. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.
- [26] Dynamics Microsoft. *Dynamics.microsoft* [online]. b.r. [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <https://dynamics.microsoft.com/en-us/mixed-reality/layout/>
- [27] PALADINO, Tommy. Toyota Begins Testing HoloLens for Production Process Improvements. *Next reality* [online]. 2018 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://hololens.reality.news/news/toyota-begins-testing-hololens-for-production-process-improvements-0189907/>
- [28] BENEŠL, Tomáš. *VIRTUÁLNÍ VÝROBA*. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jan Pásek, CSc.
- [29] MARTÍNEK, Pavel. *Možnosti užití virtuální a rozšířené reality v chemickém průmyslu*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. Vedoucí práce Doc. Dr. Ing. Zdeněk Neustupa.
- [30] RADKOWSKI, Rafael, Timothy GARRETT, Jarid INGEBRAND a David WEHR. *TrackingExpert: A Versatile Tracking Toolbox for Augmented Reality: A Versatile Tracking Toolbox for Augmented Reality*. 2016. DOI: 10.1115/DETC2016-60401.
- [31] DAQRI. *Daqri.com* [online]. b.r. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://daqri.com/blog/announcing-daqri-worksense/>
- [32] PALADINO, Tommy. GE Aviation Pairs Google Glass with Smart Wrench to Improve Process Quality. *Next reality* [online]. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://glass.reality.news/news/ge-aviation-pairs-google-glass-with-smart-wrench-improve-process-quality-0179376/>
- [33] POLIAKOV, Leonid. Ubimax launches 'Frontline Creator' – a Tool to easily Create Your Own Augmented Reality Applications. *Ubimax* [online]. 2017 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.ubimax.com/web2017/en/news/ubimax-launches-frontline-creator.html>

- [34] MIKEŠOVÁ, Markéta. Aplikace na HoloLens pomáhá zedníkům stavět komplexní cihlové zdi. *Www.zive.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/aplikace-na-hololens-pomaha-zednikum-stavet-komplexni-cihlove-zdi/sc-3-a-197018/default.aspx>
- [35] How Augmented Reality is Improving Quality Assurance Measures for Manufacturers. *Light Guide Systems* [online]. 2017 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://lightguidesys.com/blog/how-augmented-reality-is-improving-quality-assurance-measures-for-manufacturers/>
- [36] SEGOVIA, Daniel, Miguel MENDOZA, Eloy MENDOZA a Eduardo GONZÁLEZ. Augmented Reality as a Tool for Production and Quality Monitoring. *Procedia Computer Science*. 2015, **75**, 291-300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.250>. ISSN 1877-0509. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915037114>
- [37] Youtube. *Youtube* [online]. b.r. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.youtube.com>
- [38] AUGMENTED REALITY FOR QUALITY ASSURANCE. *FARO* [online]. b.r. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.faro.com/en-gb/news/augmented-reality-for-quality-assurance/>
- [39] Augmented reality in quality control. *Spectral Applications* [online]. 2018 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://spectralapplications.com/augmented-reality-quality-control/>
- [40] PALADINO, Tommy. Renault Trucks Tests HoloLens to Visualize Quality Control in Engine Assembly Operations. *Next reality* [online]. 2017 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://hololens.reality.news/news/renault-trucks-tests-hololens-visualize-quality-control-engine-assembly-operations-0181282/>
- [41] WRIGHT, Ian. What Can Augmented Reality Do for Manufacturing?. *Engineering.com* [online]. 2017 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/14904/What-Can-Augmented-Reality-Do-for-Manufacturing.aspx>
- [42] Mitsubishi Electric Develops 3D-model AR Technology for Inspections. *Mitsubishi Electric* [online]. 2016 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <http://us.mitsubishielectric.com/en/news-events/releases/2016/1107-a/index.page>
- [43] Augmented Reality Is Becoming a Focus in Maintenance Technology. *IOT for all* [online]. 2019 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.iotforall.com/augmented-reality-maintenance-technology/>
- [44] CERUTI, Alessandro, Pier MARZOCCA, Alfredo LIVERANI a Cees BIL. Maintenance in Aeronautics in an Industry 4.0 Context: The Role of Augmented Reality and Additive Manufacturing: The Role of Augmented Reality and Additive Manufacturing. *Journal of Computational Design and Engineering*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2019.02.001>. ISSN 2288-4300. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2288430018302781>

- [45] Stepping into the virtual world to enhance aircraft maintenance. *Airbus* [online]. 2019 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.airbus.com/newsroom/stories/stepping-into-the-virtual-world-to-enhance-aircraft-maintenance-.html>
- [46] Maintaining locos with augmented reality. *Railway Gazette* [online]. b.r. [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/news/technology/single-view/view/maintaining-locos-with-augmented-reality.html>
- [47] HOSKE, Mark a Bob VAVRA. Sedm přínosů využití rozšířené a virtuální reality. *Control Engineering* [online]. 2018 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/sedm-prinosu-vyuziti-rozsirene-a-virtualni-reality/>
- [48] PALADINO, Tommy. Microsoft Fuels Efficiency at Chevron with Remote Assist App for HoloLens. *Next reality* [online]. 2018 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://hololens.reality.news/news/microsoft-fuels-efficiency-chevron-with-remote-assist-app-for-hololens-0187624/>
- [49] PALADINO, Tommy. Porsche Adopts Atheer's AR Platform to Connect Mechanics with Remote Experts. *Next reality* [online]. 2017 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://next.reality.news/news/porsche-adopts-atheers-ar-platform-connect-mechanics-with-remote-experts-0181255/>
- [50] SHM. *SHM* [online]. b.r. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.shmsolutions.no/en/solutions>
- [51] PALADINO, Tommy. Scope AR Updates Remote AR for ARKit. *Next reality* [online]. 2017 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://mobile-ar.reality.news/news/apple-ar-scope-ar-updates-remote-ar-for-arkit-0179954/>
- [52] PALADINO, Tommy. Assisting the Technically-Challenged Is Easier With Vuforia's New App. *Next reality* [online]. 2017 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://mobile-ar.reality.news/news/apple-ar-assisting-technically-challenged-is-easier-with-vuforias-new-app-0180353/>
- [53] LinkedIn. *LinkedIn* [online]. b.r. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/company/nextwavesafety>
- [54] Caterpillar Launches Virtual Reality Training Module at World of Asphalt. *Forconstructionpros.com* [online]. 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.forconstructionpros.com/asphalt/news/21047107/caterpillar-launches-virtual-reality-training-module-at-world-of-asphalt>
- [55] Augmented Reality for Material Handling. *Upskill* [online]. b.r. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://upskill.io/skylight/functions/material-handling/>
- [56] UpSkill. *UpSkill* [online]. b.r. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://upskill.io/resources/blog/category/logistics/>

- [57] KNÍŽEK, Martin. Rozšířená realita změní logistické procesy. *Logistika* [online]. 2014 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-62550720-rozsirena-realita-zmeni-logisticke-procesy>
- [58] *IT Systems* [online]. 2014, (9) [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/rozsirena-realita-v-logistice.htm>
- [59] KOLÁŘ, Vojtěch. DHL dokončilo pilotní projekty nasazení rozšířené reality, nyní ji začne zavádět do dalších skladů. *Logistika* [online]. 2017 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-65861180-dhl-zavadi-do-logistiky-chytre-bryle-zvysuji-pry-produktivitu-o-15-procent>
- [60] LEVSKI, Yariv. Augmented reality for car repair. *App real* [online]. b.r. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://appreal-vr.com/blog/augmented-reality-car-repair/>
- [61] ERICKSON, Scott. Microsoft HoloLens enables thyssenkrupp to transform the global elevator industry. *Microsoft* [online]. 2016 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://blogs.windows.com/devices/2016/09/15/microsoft-hololens-enables-thyssenkrupp-to-transform-the-global-elevator-industry/#EeW6epSvOw531dMQ.97>
- [62] GOMES DE SÁ, Antonio a Gabriel ZACHMANN. Počítače a grafika. *Počítače a grafika*. 3. 1999, s. 389-403. 0097-8493.
- [63] DACHIS, Adam. Volvo Takes Showrooming to the Next Level with a HoloLens. *Next reality* [online]. 2016 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://hololens.reality.news/news/volvo-takes-showrooming-next-level-with-hololens-0172247/>
- [64] *PresentiGo* [online]. 2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://presentigo.cz/portfolio/>
- [65] *VR Space* [online]. b.r. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://vrspace.cz/cs/>
- [66] Skanska, jako první developer v Čechách, začala využívat virtuální realitu v nabídce komerčních budov a nových bytů. *SKANSKA* [online]. 2018 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.skanska.cz/kdo-jsme/media/archiv-tiskovych-zprav/222238/Skanska%2C-jako-prvni-developer-v-Cechach%2C-zacala-vyuzivat-virtualni-realitu-v-nabidce-komercnich-budov-a-novych-bytu>
- [67] T-Mobile začíná prezentovat produkty ve virtuální realitě. *Mediaguru* [online]. 2018 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.mediaguru.cz/clanky/2018/12/t-mobile-zacina-prezentovat-produkty-ve-virtualni-realite/>
- [68] NOVÁK, Adam. Virtuální realita v marketingu, reklama na kterou zákazníci stojí fronty. *Marketingové noviny* [online]. 2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://www.marketingovenoviny.cz/virtualni-realita-v-marketingu-reklama-na-kterou-zakaznici-stoji-fronty/>
- [69] CHEN, Xiaojun, Lu XU, Yiping WANG, Huixiang WANG, Fang WANG, Xiangsen ZENG, Qiugen WANG a Jan EGGER. Development of a surgical

navigation system based on augmented reality using an optical see-through head-mounted display. *Journal of Biomedical Informatics*. 2015, **55**, 124-131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.04.003>. ISSN 1532-0464. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046415000702>

- [70] AFFOLTER, Raffael, Sebastian EGGERT, Till SIEBERTH, Michael THALI a Lars EBERT. Applying augmented reality during a forensic autopsy—Microsoft HoloLens as a DICOM viewer. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*. 2019, **16**, 5-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jofri.2018.11.003>. ISSN 2212-4780. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212478018300650>
- [71] Léčba fobií pomocí virtuální reality? Vědci z Oxfordu potvrdili, že tato metoda může fungovat. *Česká televize* [online]. 2018 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2541493-lecba-fobii-pomoci-virtualni-reality-vedci-z-oxfordu-potvrdili-ze-tato-metoda-muze>
- [72] Icaros. *Icaros* [online]. b.r. [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.icaros.com/products/icaros-home/>
- [73] KODĚRA, Petr. Česká firma vyvinula unikátní střelecký simulátor. Zbraň umí zpětný ráz a nakopne střelce do ramene. : *Aktuálně.cz* [online]. 2016 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/domaci/ceska-firma-vyvinula-unikatni-armadni-simulatory-puska-umi-i/r~5d1fb204232611e68afb002590604f2e/?redirected=1555250596>
- [74] GROHMANN, Jan. Rozšířená realita: Nová úroveň vojenského výcviku. *Armádní noviny* [online]. 2014 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/rozsirena-realita-nova-uroven-vojenskeho-vycviku.html>
- [75] ČIHÁK, Lukáš. Americká armáda vybaví vojáky HoloLens, brýlemi pro rozšířenou realitu. *CDR* [online]. 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://cdr.cz/clanek/americka-armada-vybavi-vojaky-hololens-brylemi-pro-rozsirenou-realitu>
- [76] HYMAN, Lindsay. Survey Finds Teachers Want to Make Virtual Reality a Reality in the Classroom. *Business wire* [online]. Denver, 2016 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://www.businesswire.com/news/home/20160627005621/en/Survey-Finds-Teachers-Virtual-Reality-Reality-Classroom>
- [77] *Unimersiv* [online]. b.r. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://unimersiv.com/>
- [78] *ClassVR* [online]. b.r. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <http://www.classvr.com/>
- [79] VR/AR innovation report. In: *Tech web* [online]. San Francisco, 2018 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z:

http://images.reg.techweb.com/Web/UBMTechweb/%7B3940acf0-1cf6-4bb5-8515-564e77203f48%7D_VRDC18_VR_AR_Innovation_Report_v2.pdf

- [80] Augmented/Virtual Reality to hit \$150 billion disrupting mobile by 2020. *Digi Capital* [online]. 2015 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.digi-capital.com/news/2015/04/augmentedvirtual-reality-to-hit-150-billion-disrupting-mobile-by-2020/>
- [81] How much does VR application development cost?. *Think Mobiles* [online]. b.r. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://thinkmobiles.com/blog/how-much-vr-application-development-cost/>
- [82] Virtual Reality in Gaming. *Think Mobiles* [online]. b.r. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://thinkmobiles.com/blog/virtual-reality-gaming/>
- [83] For AR/VR 2.0 to live, AR/VR 1.0 must die. *Digi Capital* [online]. 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.digi-capital.com/news/2019/01/for-ar-vr-2-0-to-live-ar-vr-1-0-must-die/>
- [84] Is it “Game Over” for AR/VR platform wars?. *Digi Capital* [online]. 2018 [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://www.digi-capital.com/news/2018/11/is-it-game-over-for-ar-vr-platform-wars/>
- [85] DOSKOČIL, Jan. 4,2 milionu prodaných kusů PlayStation VR zařídilo oznámení mnoha nových VR her. *Eurogamer* [online]. 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.eurogamer.cz/articles/2019-03-26-4-2-milionu-prodanych-kus-playstation-vr-zaridilo-oznameni-mnoha-novych-vr-her>

8 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

- Obr. 1) Stereoskop Charlese Wheatstona
- Obr. 2) Damoklův meč
- Obr. 3 a 4) Virtual Nintendo Boy headset a herní prostředí
- Obr. 5) Oculus Rift
- Obr. 6) Google CardBoard
- Obr. 7) Příklad jednoduché virtuální reality, záběr z RPG hry Kingdom Come Deliverance
- Obr. 8) Záběr z displeje brýlí pro imerzní virtuální realitu
- Obr. 9) Prostředí rozšířené reality pomocí brýlí HoloLens
- Obr. 10) Části brýlí pro virtuální realitu
- Obr. 11 a 12) 3D model rukou uživatele a Leap Motion Controller připevněný na HMD
- Obr. 13) Oculus GO
- Obr. 14) HTC Vive Pro Eye
- Obr. 15) Microsoft HoloLens 2
- Obr. 16) Samsung Gear VR s mobilním telefonem Samsung Galaxy S6
- Obr. 17) Zařízení použita k testování
- Obr. 18) Graf vyhodnocující pokus
- Obr. 19) Technik využívající simulátor HDD VR
- Obr. 20) Modelovací postup virtuálního prototypu
- Obr. 21) Softwarové prostředí Visual Decision Platform v režimu desktop
- Obr. 22) Vývojáři společnosti Ford pracující společně na novém modelu vozidla
- Obr. 23) Mračno bodů z prostorového scanu
- Obr. 24) Model místnosti s texturou
- Obr. 25) Plánování rozvržení strojů pomocí softwaru Microsoft Layout
- Obr. 26) Okno softwaru Tecnomatix
- Obr. 27) Okno softwaru Delmia
- Obr. 28) Modul technické dokumentace
- Obr. 29) Část zorného pole uživatele softwaru DAQRI Worksense
- Obr. 30) Okna softwaru Skylight
- Obr. 31) Aplikace Fologram pro stavbu cihlových zdí
- Obr. 32) Prvky rozšířené reality v zorném poli uživatele softwaru CAQ
- Obr. 33) Překrytí automobilu virtuálním modelem v softwaru FARO
- Obr. 34) Kontrola motoru po překrytí virtuálním modelem a odhalením nesrovnalostí
- Obr. 35) Návrh části manuálu pro údržbáře letadel

- Obr. 36) Předjízdni kontrola lokomotivy Vectron pomocí AR
- Obr. 37) Zorné pole pracovníka využívajícího při údržbě vzdálenou podporu
- Obr. 38) ARKit při použití na tabletu
- Obr. 39) Opakovací postup k dosažení bezpečnosti strojního zařízení dle ČSN EN ISO 14121-1
- Obr. 40) Simulace práce na lešení
- Obr. 41) Školící software Cat Safety VR
- Obr. 42) Zadání objednávky v prostředí softwaru Skylight
- Obr. 43) Prostor programu xPick využívaným ve skladu
- Obr. 44) Vizualizace dat výtahové kabiny pomocí Microsoft HoloLens
- Obr. 45) Část vozu Volvo zobrazená pomocí rozšířené reality
- Obr. 46) Interiér domu zobrazený pomocí virtuální reality
- Obr. 47) Virtuální realita dokreslená pomocí reálných kulis
- Obr. 48) Chirurgický navigační systém pomocí virtuální reality
- Obr. 49) Prostor rozšířené reality při zobrazování pitevních informací
- Obr. 50) Trenažér ICAROS
- Obr. 51) Simulátor střelby z ručních zbraní
- Obr. 52) Podoba rozšířené reality programu AIIT z roku 2012
- Obr. 53) Vizualizace softwaru pro americkou armádu
- Obr. 54) Virtuální model lebky, se kterým může žák libovolně manipulovat
- Obr. 55) Předpokládané příjmy z rozšířené/virtuální reality v roce 2020
- Obr. 56) Předpověď trhu s VR/AR pro rok 2025
- Obr. 57) Trh s virtuální/rozšířenou realitou a jeho prognóza do roku 2023
- Obr. 58) Graf ukazující největší a nejpoužívanější platformy pro VR/AR

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

VR – virtuální realita

AR – rozšířená realita

HMD – Head-mounted displej

3D – trojrozměrný

VPL – vizuální programovací laboratoř

GPS – globální polohový systém

RPG – hra na hrdiny z pohledu první osoby

2D – dvourozměrný

LCD – displej z tekutých krystalů

OLED – typ LCD displeje používající organické krystaly

fps – počet snímků za sekundu

A.I. – umělá inteligence

2K – rozlišení 2048×1080 bodů

CAVE – počítačem řízené virtuální prostředí

GIS – geografický informační systém

OSHA – agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci

HDD – horizontální směrový vrták

DIRT – nástroj pro hlášení škod

USD – americký dolar

VP – virtuální prototyp

IT – informační technologie

PDF – přenosný formát dokumentů

MS – Microsoft

RGBD – model zobrazení dat zohledňující hloubku objektu

CAD – počítačem podporované projektování